



TUGAS AKHIR - SF 091321

**PELAPISAN *SINGLE LAYER* PENYERAP GELOMBANG RADAR
DISPERSI BARIUM M-HEKSAFERIT / POLIANILIN PADA
RENTANG *X-BAND***

**Susmita Rachmawati
NRP 1112 100 016**

**Dosen Pembimbing
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - SF 091321

**COATING *SINGLE LAYER* RADAR ABSORBING
DISPERSION BARIUM M-HEXAFERRITE/
POLYANILINE AT THE RANGE *X-BAND***

**Susmita Rachmawati
NRP 1112 100 016**

**Advisor
Dr. Mochamad Zainuri, M.Si**

**Department of Physics
Faculty of Mathematics and Natural Science
Tenth Nopember of Technology Institute
Surabaya 2016**

**PELAPISAN *SINGLE LAYER* PENYERAP GELOMBANG
RADAR DISPERSI BARIUM
M-HEKSAFERIT/POLIANILIN PADA RENTANG *X-BAND***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Bidang Fisika Material
Program Studi S-1 Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

SUSMITA RACHMAWATI

NRP 1112100016

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir

Dr. Mochamad Zainuri, M.Si

NIP. 19640130 199002 1 001



Surabaya, Juli 2016

**PELAPISAN *SINGLE LAYER* PEMYERAP GELOMBANG
RADAR DISPERSI BARIUM
M-HEKSAFERIT/POLIANILIN PADA RENTANG
X-BAND**

Nama : Susmita Rachmawati
NRP : 1112100016
Jurusan : Fisika, FMIPA-ITS
Pembimbing : Dr. Mochammad Zainuri, M.Si

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan judul Pelapisan Single Layer Pemyerap Gelombang Radar Dispersi Barium M-Heksaferit/Polianilin Pada Rentang X-Band bertujuan untuk mensintesis Barium M-Heksaferit dengan metode solid state dan mengetahui pengaruh variasi massa Polianilin terhadap rugi refleksi dengan pelapisan single layer material penyerap gelombang radar pada frekuensi 8-12 GHz. Barium M-Heksaferit disintesis dengan didoping ion Zn^{2+} menggunakan metode solid state de. Sintesis material Barium M-Heksaferit dengan metode solid state doping Zn menghasilkan komposisi fasa BAM 83,68 % dan $ZnFe_2O_4$ 16,32 % dengan struktur dominan heksagonal. Hasil pengujian VNA pada pelapisan single layer rentang X-band dengan variasi komposisi Polianilin pada perbandingan Barium M-Heksaferit : Polianilin didapatkan nilai Reflection Loss untuk 1:0,5, 1:1 1:1.5 1:2 dan 1:2,5 berturut-turut adalah -14,53 dB, -19,86 dB, 20,67 dB, -21,28 dB, dan -28,71 dB. Nilai Reflection Loss tertinggi pada perbandingan 1 : 2.5 sehingga dapat disimpulkan semakin meningkat komposisi PANI maka semakin negatif nilai Reflection Lossnya artinya semakin bagus penyerapannya.

Kata Kunci : Barium M-Heksaferit, Polianilin, solid state, Reflection Loss

**COATING SINGLE LAYER RADAR ABSORBING
DISPERSION BARIUM M-HEKSAFERRITE/
POLYANILINE AT THE RANGE
X-BAND**

Name : Susmita Rachmawati
NRP : 1112100016
Major : Physics, FMIPA-ITS
Advisor : Dr. Mochamad Zainuri, M. Si

Abstract

The Research has been done that has title coating single layer absorbing Radar wave dispersion Barium M-Hexaferrite/Polyaniline at the range X-band. It has purpose to synthesis Barium M-Hexaferrite by solid state method and know about influence weight Polyaniline variation to reflection loss with the coating single layer radar absorbing at frequense 8-12 GHz. Barium M-Hexaferrite doped by Zn ion used to solid state method. Synthesis of Barium M-Hexaferrite materials by solid state method and doped by Zn that resulted composition of BAM 83,68% and $ZnFe_2O_4$ 16,32 % with hexagonal dominan structure. The result of VNA examination to coating single layer at X-band range with the variation composition Polyaniline for comparation Barium M-Hexaferrite : Polyaniline have gotten Reflection loss value for 1:0,5, 1:1 1:1.5 1:2 dan 1:2,5 are -14,53 dB, -19,86 dB, 20,67 dB, -21,28 dB, dan -28,71 dB. The Highest Relection Loss value at comparation 1: 2,5 so could concluse more increase composition of PANI, it mean more negative reflection loss. That is mean too better for absorbent.

Key words : Barium M-Hexaferrite, Polyaniline, solid state, reflection loss.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada jurusan Fisika FMIPA ITS dengan tepat waktu yang berjudul:

“Pelapisan *Single Layer* Penyerap Gelombang Radar Dispersi Barium M-Heksaferit/Polianilin pada Rentang *X-band*”

Sesungguhnya penulis meyakini tanpa bantuan dan uluran tangan, pendapat atau input dari berbagai pihak, penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak akan membawa hasil yang maksimal. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu (Alm) dan Ayah (Alm) tercinta yang telah memberikan semangat, didikan, nasehat, kasih sayang, dan do'a restunya bagi penulis.
2. Kakakku Cece Anika, Bapak Aksar, nenek, Bu de dan seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa mendoakan dan memberi motivasi untuk penulis.
3. Bapak Dr. M. Zainuri, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang senantiasa memberikan fasilitas, wawasan, ilmu, dan motivasi dengan penuh kesabaran mendidik penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA ITS yang telah memberikan kemudahan sarana kepada penulis selama kuliah sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Bapak Bachtera Indarto, M.Si selaku dosen wali penulis yang selalu memberikan saran dan dukungan.
6. Teman dan sahabat seperjuangan *Tim Anak Pak Zain Ceria* (Deril, Yusro, Rizki, Nana, Ikha, dan Lian) terima kasih atas semangat, perjuangan, bantuan bahkan hiburan yang telah kita lewati bersama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir *Advanced Material Research* (Alif, Wahyu, Aqor, Okta, Fera, Lutfi, Safril, Ari, Emak, Pulung, Mbak Sri, Imin, Alfian, Mbak Dia, Regina, Mega) yang telah memberikan ilmu, bantuan, dukungan sekaligus hiburan selama mengerjakan Tugas Akhir.
8. Segenap teman-teman Fisika 2012 (FBI) yang telah memberikan *support* terbaik bagi penulis. Terimakasih atas pelajaran berharga yang membuat kami menjadi sebuah keluarga.
9. Mas Fajar, Rahma, Risma, Bilqis, arek kontrakan 3E No.12 (PMII) dan anak kontranya yang telah membantu memberikan bantuan, motivasi dan fasilitas untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Segenap laboran Fisika Material ITS (Pak Slamet, Pak Sholeh dan Mas Ali) terimakasih untuk bantuan dan fasilitas yang diberikan.
11. Teman-teman FORMASI ITS (Forum Mahasiswa SMAN 1 GRATI ITS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis telah menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari kata maksimal, jadi kritik dan saran yang membawa ke arah positif masih kita nantikan. Seperti pepatah mengatakan bahwa tidak ada gading yang tak retak. Penulis berharap Tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak dan untuk perkembangan penelitian dibidang *material science*.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Radar Absorbing Material</i> (RAM).....	5
2.2 Pasir Besi sebagai Magnet Permanen	8

2.3 Barium M-Heksaferit (BAM).....	9
2.4 Polianilin (PANI)	10
2.5 Penyerapan <i>Single Layer</i>	13
2.6 Penyerap Gelombang Elektromagnetik.....	14
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Alat dan Bahan.....	17
3.1.1 Alat.....	17
3.1.2 Bahan	17
3.2 Langkah Kerja.....	18
3.2.1 Sintesis Barium M-Heksaferit.....	18
3.2.2 Sintesis Polianilin.....	19
3.2.3 Pelapisan <i>Single Layer</i>	19
3.3 Karakterisasi Bahan Uji	20
3.4 Diagram Alir Penelitian	24
3.4.1 Sintesis BAM.....	24
3.4.2 Sintesis PANI.....	25
3.4.3 Pelapisan pada Baja	26
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Preparasi Sampel	27
4.1.1 Material Magnetik (Barium M-Heksaferit).....	27
4.1.2 Material Dielektrik (Polianilin).....	33
4.2 Karakterisasi Struktur.....	34
4.2.1 Analisis Fasa	34
4.2.2 Analisis Gugus Fungsi	35
4.2.3 Analisis Kemagnetan	37
4.2.4 Analisis Konduktivitas Listrik	39
4.2.3 Analisis Morfologi	41
4.2.3 Analisis Sifat Penyerapan	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59
BIODATA PENULIS	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil rugi refleksi material PANI/BAM	7
Tabel 3.1	Variasi komposisi massa pada pelapisan plat baja <i>grade A</i> tipe AH36	20
Tabel 4.1	Hasil Pengujian XRF(<i>X-Ray Fluorescence</i>) Pasir Besi	28
Tabel 4.2	Data Spektroskopi FTIR	36
Tabel 4.3	Data hasil spektrum EDX	44
Tabel 4.4	Nilai <i>Reflection Loss</i> maksimum pada spesimen uji	47
Tabel 4.5	Perhitungan presentase penyerapan gelombang	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur spinel Fe_3O_4	8
Gambar 2.2	Leucoemeraldine Base($x=1$, Reduksi penuh)	11
Gambar 2.3	Emeraldine Base ($x=0,5$)	12
Gambar 2.4	Pernigraniline Base ($x=0$)	12
Gambar 2.5	Protonasi pada Emeraldine base menjadi Emeraldine Salt	13
Gambar 2.6	(a) <i>Salisbury screen</i> (b) <i>Dallenbach Layer (Single layer)</i>	14
Gambar 3.1	Pelapisan <i>single layer</i> material BAM/PANI pada baja.....	20
Gambar 3.2	Diagram alir sintesis BAM	24
Gambar 3.3	Diagram alir sintesis PANI	25
Gambar 3.4	Diagram alir pelapisan material	26
Gambar 4.1	Pasir besi sebelum dan sesudah diultrasonik	27
Gambar 4.2	Hasil XRD Pasir Besi	29
Gambar 4.3	Hasil XRD Fe_2O_3	30
Gambar 4.4	Bahan, <i>Ball Mill</i> dan <i>Zirconium Jar</i> siap untuk <i>milling</i>	31
Gambar 4.5	Hasil sintesis BAM	32

Gambar 4.6	Serbuk PANI	33
Gambar 4.7	Hasil XRD BAM dan PANI	34
Gambar 4.8	Hasil uji spektroskopi FTIR pada PANI, BAM ...	35
Gambar 4.9	Hasil uji VSM sifat magnetik BAM	38
Gambar 4.10	Hasil uji konduktivitas listrik pada PANI, BAM:PANI (1:1, 1:2).....	39
Gambar 4.11	Hasil uji SEM material BAM (a) perbesaran 1 kali (b) perbesaran 25.000 kali	42
Gambar 4.12	Hasil <i>backscatter</i> elemen BAM	42
Gambar 4.13	Hasil <i>backscatter</i> persebaran BAM	43
Gambar 4.14	Hasil spektrum EDX BAM	43
Gambar 4.15	Sampel uji VNA dengan perbandingan BAM: PANI, (a) S1(1:0,5), (b) S2 (1:1), (c) S3 (1:1,5), (d) S4 (1:2) dan (e) S5 (1: 2,5)	45
Gambar 4.16	Hasil uji VNA pada rentang <i>X-band</i>	46
Gambar 4.17	Grafik batang hubungan pertambahan PANI pada sampel uji terhadap <i>Reflection Loss</i>	47

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	DOKUMENTASI PENELITIAN
LAMPIRAN B	DATA CIF BAM DAN HEMATIT
LAMPIRAN C	HASIL ANALISA MATCH BAM
LAMPIRAN D	HASIL PENGHALUSAN RIETVELD DENGAN PERANGKAT LUNAK RIETICA
LAMPIRAN E	HASIL UJI XRF PASIR BESI

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi maritim telah berkembang pesat terutama di bidang pertahanan militer. Indonesia sebagai negara maritim dengan 70 % wilayahnya merupakan lautan dan merupakan negara kepulauan dengan 17.000 pulau yang tersebar di wilayah nusantara Indonesia membutuhkan pertahanan yang power dan unggul dalam menghadapi ancaman baik dari dalam maupun dari luar. Teknologi kapal perang merupakan salah satu bentuk pertahanan di bidang maritim yang perlu dikembangkan. Persaingan teknologi kapal kini sudah mencapai tingkatan penerapan teknologi canggih sebagai sarana pengintai. Kapal pengintai ini umumnya disebut *Stealth Ship* (kapal siluman). Kapal ini didesain tidak terdeteksi oleh RADAR (*Radio Detection and Ranging*). Namun dalam realisasinya teknologi canggih seperti ini memerlukan biaya yang begitu besar. Teknologi kapal siluman dikembangkan melalui dua cara. Pertama, kapal dirancang dengan desain bersudut yang tidak bisa dilacak oleh penerima radar. Manipulasi bentuk ini sangat penting karena dapat mengacaukan 170 pantulan gelombang radar yang mengenai objek sehingga tidak bisa ditangkap oleh penerima radar (Saville, 2005). Untuk membuat kapal dengan desain canggih seperti itu membutuhkan biaya yang besar. Kedua, mengembangkan teknologi kapal siluman dengan melapisi kapal dengan material yang mampu menyerap gelombang radar (Ma, 2010).

Pasir besi yang begitu melimpah di Indonesia dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk keperluan material teknologi saat ini. Salah satunya untuk teknologi kapal perang sebagai pertahanan negara Indonesia. Dengan memanfaatkan pasir besi yang melimpah di Indonesia, tidak perlu mengeluarkan biaya besar untuk menciptakan teknologi canggih seperti itu. Salah satu pemanfaatannya yaitu digunakan sebagai bahan untuk membuat partikel Barium M-Heksaferrit. Barium M-Heksaferrit merupakan

magnet permanen dengan anisotropi magnetik yang tinggi (Moleai, 2012), kestabilan yang baik, magnetik saturasi, dan medan koersivitas yang tinggi (*hard magnetic*) (Qui, 2006), karena anisotropinya yang tinggi yaitu sekitar 50-60 Hz (Ghasemi, 2006). Anisotropi dari Barium M-Heksaferit dapat direduksi dengan substitusi Fe^{3+} dengan ion divalent (Zn, Co, Ni, dan lain-lain) (Meshram, 2004), sehingga dengan substitusi ini diharapkan Barium M-Heksaferit dapat diaplikasikan untuk penyerap gelombang radar bagi teknologi kapal perang. Polianilin merupakan material polimer konduktif merupakan yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping. Salah satu polimer konduktif yang telah menarik perhatian dan banyak digunakan adalah Polianilin (PANI). Sifatnya yang mudah disintesis dan stabil terhadap lingkungan. PANI mempunyai sifat kestabilan kimia yang tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk melindungi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber listrik, sedangkan gelombang elektromagnetik dari sumber magnet dapat secara efektif terlindung dengan bahan magnetik (Palaniappan, 2008). Faktor inilah yang menjadikan PANI sebagai bahan berpotensi tinggi untuk produk komersil. Barium M-Heksaferit yang disintesis dari pasir besi ini nantinya akan dicampurkan dengan polianilin.

Berdasarkan penelitian Ainul Millah 2015, dari hasil sintesis Barium M-Heksaferit/Polianilin dengan variasi massa Polianilin dan Barium M-Heksaferit dengan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3 dan 2:1 didapatkan rugi refleksi (*reflection loss*) terbesar dihasilkan dari perbandingan 2:1 yaitu -23,1 dB pada frekuensi 8,5 GHz kemudian terbesar selanjutnya pada perbandingan 1:1 dengan rugi refleksi -20,1 dB pada frekuensi 8,8 GHz. Untuk mendapatkan pita penyerapan dan rugi refleksi yang lebih besar maka pada penelitian ini berfokus pada sintesis Barium M-Heksaferit yang dikompositkan dengan Polianilin dengan variasi massa Polianilin, tetapi massa Barium M-Heksaferit tetap. Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat berdasarkan nilai *reflection loss* nya. Semakin

besar nilai negatif *reflection loss* nya, maka semakin besar daya serap material tersebut terhadap gelombang mikro (Park et al., 2009). Untuk mendapatkan bahan komposit anti radar yang mempunyai daya serap tinggi yaitu sebagai material penyerap gelombang radar pada frekuensi 2-18 GHz yang nantinya dapat digunakan dalam teknologi militer, maka perlu dilakukan penelitian untuk variasi massa Polianilin dengan lapisan *single layer* pada pelapisan bahan komposit BaM/Polianilin. Pada penelitian ini dilakukan variasi massa Polianilin yaitu 1:0.5, 1:1, 1:1.5, 1:2, dan 1:2.5.

1.2 Rumusan Permasalahan

Perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana mensintesis Barium M-Heksaferit dengan metode *solid state*?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa Polianilin terhadap rugi refleksi dengan pelapisan *single layer* material penyerap gelombang radar pada frekuensi 8-12 GHz?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian tugas akhir ini antara lain :

1. Material Barium M-Heksaferit disintesis dengan metode *solid state (milling)* serta ditambahkan doping Zn.
2. Polianilin disintesis dengan ditambahkan dopan DBSA
3. Variasi pelapisan *single layer* dilakukan dengan perbandingan Barium M-Heksaferit/Polianilin dengan perbandingan 1 : 0,5; 1 : 1; 1 : 1,5; 1 : 2 dan 1 : 2,5 pada frekuensi 8-12 GHz.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mensintesis Barium M-Heksaferit dengan metode solid state.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi massa Polianilin terhadap rugi refleksi dengan pelapisan *single layer* material penyerap gelombang radar pada frekuensi 8-12 GHz.

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan pelapis penyerap gelombang radar Barium M-Heksaferit dan Polianilin dengan pita penyerapan yang lebar pada frekuensi *X-band* (8-12 GHz). Hasil penelitian ini nantinya dapat diaplikasikan pada kapal selam untuk teknologi militer sebagai pertahanan negara.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tugas Akhir (TA) ini terdiri dari abstrak yang berisi gambaran umum dari penelitian ini. Bab I pendahuluan yang memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab II tinjauan pustaka berisi tentang dasar-dasar teori yang digunakan sebagai acuan dari penelitian, Bab III metodologi penelitian, Bab IV analisa data dan pembahasannya, dan Bab V kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radar Absorbing Material (RAM)

Radar Absorbing Material (RAM) mulai dikenal sejak tahun 1930 setelah ditemukannya radar. RAM yang pertama adalah *wesch* yaitu material serbuk carbonyl iron dengan karet lembaran yang memiliki tebal 7,62 mm dan mampu mereduksi frekuensi sampai 3 GHz digunakan untuk melapisi kapal selam milik Jerman merupakan bahan yang memiliki kemampuan menyerap gelombang elektromagnetik sehingga meminimalkan gelombang yang direfleksikan. RAM terdiri dari dua bahan yaitu dielectric dan magnetik absorbers. Dielectric absorber tergantung pada hilangnya ohmik energi yang dapat dicapai dengan memuat pengisi lossy seperti karbon, grafit, polimer konduksi atau partikel logam/bubuk ke dalam matriks polimer. Sifat dielektrik dapat dikutip dari konstanta dielektrik dan kehilangan tangen δ . Magnetic absorber tergantung pada kurva histeris magnetik yang diperoleh ketika partikel ferrite diisi ke dalam matriks polimer (Rezende, 2002). Gelombang elektromagnetik merupakan penjalaran medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008).

Penyerap gelombang mikro dibagi menjadi dua jenis yaitu dengan rekayasa teknik dan rekayasa material. Pada rekayasa teknik menggunakan rekayasa geometri dengan menggunakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi untuk menghasilkan interferensi destruktif antara gelombang datang dan gelombang pantul oleh bidang bidang bersesuaian dengan panjang gelombang yang akan diserap. Metode ini sangat efektif namun memiliki keterbatasan karena syarat geometri memerlukan dimensi tertentu.

Berdasarkan penelitian sebelum-sebelumnya yang telah dilakukan jenis-jenis RAM yang telah diteliti meliputi :

a. Polimer Konduktif

Polimer konduktif merupakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping. Salah satunya adalah Polianilin (PANI) dengan sifatnya yang mudah disintesis dan stabil terhadap lingkungan. PANI mempunyai sifat kestabilan kimia yang tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk melindungi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber listrik (Palaniappan, 2008).

b. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya (Walas 1990). Karbon aktif yang baik haruslah memiliki luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar (Sudibandriyo *et al*, 2003). Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya

c. Partikel Logam

Peredam pita lebar telah dibuat dari partikel logam aluminium padat atau dielectric diisi kerang logam dalam bentuk spheroids (oblate atau yg tersebar luas) tersebar di matriks. Besi oksida, besi bubuk, bubuk aluminium dan tembaga, baja wol, logam kromium atau paduan nikel dan logam kabel (Saville, 2005)

d. Semen

Semen sedikit konduktif dan kemampuannya menyerap miskin, tetapi merupakan cara praktis untuk meningkatkan penyerapan elektromagnetik sifat dengan memperkenalkan tambalan atau beban. Umumnya peneliti mengembangkan semen

menyerap komposit dengan mengisi absorben dengan kerugian dielektrik besar atau kerugian magnetik, termasuk karbon, serbuk logam, ferit magnet dan serat mereka. ferit materi memiliki kinerja penyerapan yang sangat baik di frekuensi rendah berkisar, dan kelemahan dalam rentang frekuensi tinggi telah dikompensasi dengan meningkatkan komposisi molekul ferit dan peracikan dengan bahan lain. Namun, kelemahan menjadi masih tetap berat. peredam dielektrik memiliki beratkeuntungan tetapi tidak cocok dengan efektivitas penyerapan peredam magnetik. Selain itu, peredam yang dapat menekan refleksi dari wajah frontal dikembangkan dengan menggunakan struktur multilayer atau bentuk khusus (Baoyi, 2010).

Pada penelitian Ainul Millah dilakukan pelapisan *single layer* material Barium M-heksaferit/Polianilin dengan variasi massa Polianilin dan Barium M-Heksaferit dengan perbandingan 1:1, 1;2, 1:3 dan 2:1 didapatkan hasil rugi refleksi dan frekuensi penyerapan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Hasil rugi refleksi material PANI/BAM (Millah, 2015)

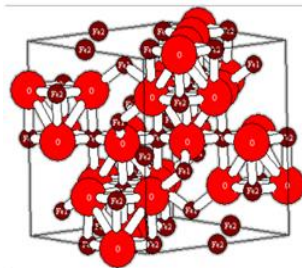
No.	Material	Perbandingan	Rugi Refleksi (dB)	Frekuensi (GHz)
1.	Baja AH36		-2,84	12
2.	Baja AH36 dengan pelapisan cat		-12,55	9
3	PANI/BAM	1:1	-20,1	8,8
		1:2	-15,2	9
		1:3	-16,2	8,9
		2:1	-23,1	8,5

Berdasarkan penelitian Ainul Millah 2015, dari hasil sintesis Barium M-Heksaferit/Polianilin dengan variasi massa Polianilin dan Barium M-Heksaferit dengan perbandingan 1:1, 1;2, 1:3 dan 2:1 didapatkan rugi refleksi (*reflection loss*) terbesar

dihasilkan dari perbandingan 2:1 yaitu -23,1 dB pada frekuensi 8,5 GHz kemudian terbesar selanjutnya pada perbandingan 1:1 dengan rugi refleksi -20,1 dB pada frekuensi 8,8 GHz.

2.2 Pasir Besi sebagai Magnet Permanen

Pasir besi banyak manfaatnya untuk kepentingan riset dan bahan produk industri. Pasir besi mempunyai sifat unik yaitu dapat merespon medan magnet. Telah diketahui sebelumnya bahwa endapan pasir dapat memiliki mineral-mineral magnetik seperti Magnetit (Fe_3O_4), Hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), dan Maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) (Yulianto dkk, 2002). Ketiga bahan tersebut juga digunakan sebagai bahan pewarna serta campuran untuk cat serta bahan dasar untuk industry magnet permanen (Bijaksana, 2002).



Gambar 2.1. Struktur spinel Fe_3O_4 (Crystallography.net)

Metode untuk mensintesis Fe_3O_4 hasil ekstraksi dari pasir besi untuk menjadi nano yaitu dengan menggunakan metode sol-gel, reaksi mekanik kimia (*mechanochemical reaction*) serta metode ko-presipitasi. Dari beberapa metode yang ada metode ko-presipitasi merupakan metode yang paling mudah dilakukan dan dari beberapa penelitian sintesis nano Fe_3O_4 dengan metode ini dapat menghasilkan ukuran partikel Fe_3O_4 sampai 7,06 nm (Dhesy Mia Arisandi, 2007, Dimos Kurniawan, 2006).

2.3 Barium M-Heksaferit (BAM)

Barium ferit ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) merupakan bahan magnetik yang digunakan untuk kepentingan ilmiah dan teknologi yang besar. Selain itu juga banyak digunakan untuk magnet permanen, media penyerapan magnetik, dan peredam microwave, karena stabilitas yang tinggi, respon frekuensi tinggi, magnetocrystalline anisotropi besar dan magnetisasi yang besar (Jiang, 2008). Barium ferit telah diteliti dapat menjadi bahan penyerap microwave karena adanya kerugian dielektrik dan magnetik dalam frekuensi microwave band kecil. Hingga kini telah banyak penelitian sebagai properti elektromagnetik berbasis polianilin komposit heksaferit.

Magnet barium ferit ini termasuk klasifikasi material keramik magnet keras yang memiliki struktur hexagonal ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), sehingga dikenal dengan nama barium hexaferit. Barium ferit berkembang sejak awal tahun 1960, sebagai alternatif untuk menggantikan penggunaan magnet logam (Mallick, 2007). Barium heksa ferrit merupakan magnet permanen. Kelebihan Barium Heksaferit diantaranya yaitu harganya yang relatif murah, mempunyai anisotropi kristalin magnet yang cukup besar, koersivitas tinggi (6700 Oe), suhu Curie (450°C), magnetisasi saturasi yang relatif besar (78 emu/g), kestabilan kimiawi yg baik, tahan korosi (X. Tang, 2005) dan pembuatannya yang relatif mudah. Bahan Barium Heksaferit dapat disintesis menggunakan beberapa metode yang telah dikembangkan, diantaranya kristalisasi dari kaca, mekano-kimia, metalurgi serbuk (mechanical alloying), high ball milling, mekanik paduan sol-gel, aerosol dan kopresipitasi (Priyono, 2010).

Barium Ferit memiliki 6 tipe, yaitu tipe M, Z, Y, W, X dan U (Pullar, 2012). Salah satunya yang sering digunakan adalah tipe M. Barium M-Heksaferit (BAM) merupakan material *hard magnetic* (medan koersivitas tinggi dan magnet remanen/sisa tinggi) yang disebabkan oleh sifat anisotropik pada struktur kristalnya dimana H_c lebih besar jika medan magnet searah dengan sumbu c, dan lebih kecil bila tegak lurus dengan sumbu c. sumbu c merupakan sumbu yang mudah dimagnetisasi dan konstanta

anisotropi $K = 3,3 \times 10^6 \text{ ergs/cm}^3$ atau 330 kJ/m^3 . Nilai M_s 380 emu/cm^3 atau 380 kA/m^3 (Cullity, 2009).

Magnet diklasifikasikan menjadi dua, yaitu hardmagnetik dan soft magnetik. Berdasarkan bahannya sifat magnet dibagi menjadi empat, yaitu diamagnetik, paramagnetik, ferrimagnetik dan ferromagnetik. Barium M-Heksaferit merupakan hardmagnetik dan mempunyai sifat ferromagnetik. Pada penelitian ini Barium M-Heksaferit disubstitusi menggunakan ion Zn. Barium M-Heksaferit adalah salah satu material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang mikro (Feng YB, 2007), sayangnya medan koersivitas (H_c) terlalu tinggi. Akibatnya, medan yang diperlukan untuk membuat magnetisasinya menjadi nol akibat pengaruh medan luar juga harus tinggi, dimana untuk aplikasi ini sifat tersebut merupakan masalah yang harus dihindari. Tingginya nilai medan koersivitas menyebabkan sifat anisotropik material semakin meningkat sehingga sifat absorbsinya menjadi semakin lemah. Oleh karena itu Barium Heksaferit disubstitusi menggunakan ion Zn. Syarat material yang dapat digunakan sebagai dopan yaitu memiliki jari-jari ionik yang hampir sama, yaitu jari-jari ionik Zn^{2+} dan Fe^{2+} berturut-turut sebesar $0,074 \text{ nm}$ dan $0,0065 \text{ nm}$. Ion Zn^{2+} dapat menggantikan ion Fe^{3+} pada struktur BaM. Kehadiran ion Zn^{2+} disini dapat menurunkan sifat kemagnetan BaM menjadi softmagnetik, sehingga didapatkan nilai saturasi yang tinggi $M_s=65 \text{ Am}^2\text{kg}^{-1}$ dan remanensi berkurang secara tajam dengan medan koersivitas 199 kAm^{-1} . (Mawasah, 2015)

2.4 Polianilin (PANI)

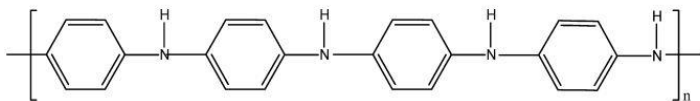
Perkembangan polimer konduktif dimulai sejak tahun 1977 oleh Heeger dan rekan kerjanya menunjukkan bahwa konduktivitas poliasetilen, poliena dapat ditingkatkan dengan memberikan dopan. Polimer konduktif dengan sifatnya menarik untuk dikembangkan yaitu karena sifatnya yang dapat mempertahankan sifat mekanik polimer secara konvensional. Sifat elektrokimia dan fisikokimia yang cukup menghasilkan polimer dan memiliki

berbagai aplikasi praktis. Polimer konduktif merupakan material yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping. Salah satu polimer konduktif yang telah menarik perhatian dan banyak digunakan adalah Polianilin (PANI). Sifatnya yang mudah disintesis dan stabil terhadap lingkungan. PANI mempunyai sifat kestabilan kimia yang tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk melindungi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber listrik, sedangkan gelombang elektromagnetik dari sumber magnet dapat secara efektif terlindung dengan bahan magnetik. Faktor inilah yang menjadikan PANI sebagai bahan berpotensi tinggi untuk produk komersil (Palaniappan, 2008).

Polianilin merupakan polimer berbasis phenilin memiliki gugus $-NH-$ di kedua sisi cincin phenilin. Oksidasi dan reduksi berlangsung pada gugus $-NH-$ dan berbagai bentuk diperoleh karena jumlah imina dan amina pada ruas ata dalam rantai polianilin. Pada dasarnya anilin mengalami polimerisasi oksidatif di hadapan protonic paada asam. Produk yang terbentuk adalah 1,4 sepasang monomer. Protonasi menginduksi transisi isolator ke konduktor, sedangkan jumlah dari p-elektron dalam rantai tetap konstan. Polianilin ini mempunyai beberapa keadaan oksidasi.

a. Leucoemeraldine Base (LEB)

Reduksi penuh sangat reaktif. Pada keadaan ini tidak stabil dengan lingkungan dan bereaksi dengan oksigen hanya dalam beberapa menit.

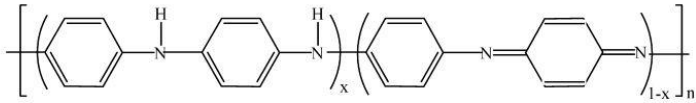


Gambar 2.2 Leucoemeraldine Base($x=1$, Reduksi penuh)
(Palaniappan, 2008).

b. Emeraldine Base (EB)

Sebagian teroksidasi. Pada keadaan ini stabil lingkungan dan

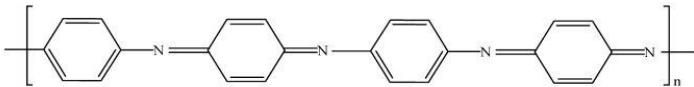
tidak mengalami perubahan struktur kimia dan tahan lama.



Gambar 2.3 Emeraldine Base ($x=0,5$) (Palaniappan, 2008).

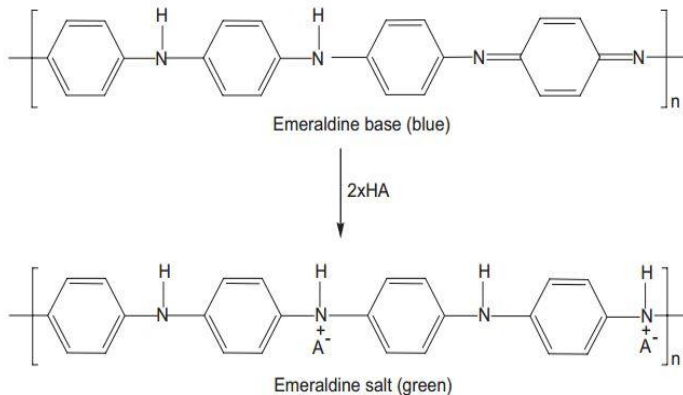
c. Pernigraniline Base (GNP)

Teroksidasi penuh. Pada keadaan ini lingkungan stabil dan oksidasi tidak mungkin dengan kelompok imina sepenuhnya.



Gambar 2.4 Pernigraniline Base ($x=0$). Teroksidasi penuh) (Palaniappan, 2008).

Dari ketiga PANI tersebut bersifat osilator. Namun jika PANI Emeraldine Base melalui reaksi non-redox yaitu protonasi melalui doping dengan asam kuat *Dodecyl Benzene Sulphonic Acid* (DBSA) akan menghasilkan Emeraldine Salt yang bersifat Konduktif. DBSA ini berperan sebagai doping dan surfaktan. Emeraldine Base dapat menjadi konduktif dengan mekanisme doping menjadi Emeraldine Salt. Pengaruh pH sangat besar dalam konduktivitas PANI, oleh sebab itu PANI didoping dengan asam, karena dengan doping asam polimer dapat menjadi konduktif. Sedangkan jika berada dalam pH yang tinggi maka PANI berubah menjadi isolator (Ramli, 2012).



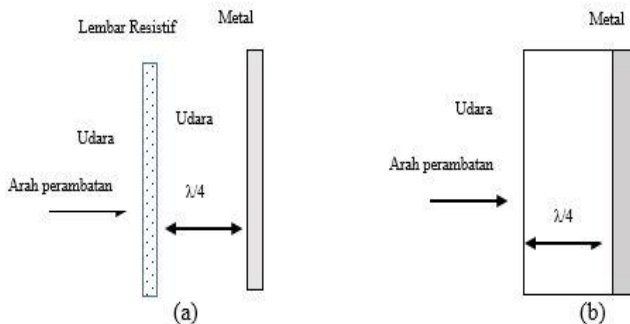
Gambar 2.5 Protonasi pada Emeraldine base menjadi Emeraldine Salt (Palaniappan, 2008).

2.5 Penyerapan *Single Layer*

Tuned merupakan material resonan yaitu penyerap seperempat panjang gelombang. Impedansi material ini tidak harus sesuai dengan medium gelombang datang dan medium penyerap. Gelombang datang pada permukaan material resonan ditransmisikan ke medium penyerap dan direfleksikan kembali oleh logam. Gelombang refleksi tersebut merambat kembali ke material resonan hingga ke permukaan antara material resonan dan medium gelombang datang. Gelombang ini mengalami interferensi destruktif, sehingga intensitas total refleksinya bernilai nol (Mawasah, 2015).

Pada penyerapan *single layer* terdiri dari *Salisbury screen* dan *Dallenbach layer*. *Salisbury screen* yaitu ketika lembaran resistif terletak pada jarak seperempat panjang gelombang di depan logam konduktor. Pada jarak tersebut dipisahkan oleh udara, lihat gambar 2.6 (a). *Dallenbach layer* yaitu pelapisan material penyerap yang dilapiskan di atas pelat konduktor seperti logam, lihat gambar

2.6 (b). Ketebalan lapisan, permitivitas, dan permeabilitas dapat diatur untuk meminimalkan refleksi pada panjang gelombang yang diinginkan. *Dallenbach layer* menyebabkan interferensi destruktif gelombang pantul dari permukaan pertama dan kedua. *Dallenbach layer* dapat diaplikasikan untuk *single layer* maupun *multi layer*. dalam penelitian ini menggunakan satu layer (Saville, 2005)



Gambar 2.6 (a) *Salisbury screen* (b) *Dallenbach Layer (Single layer)* (Saville, 2005)

2.6 Penyerap Gelombang Elektromagnetik

Pada rekayasa material lebih fleksibel secara aplikasi karena faktor bentuk dan ketebalan yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan rekayasa teknik. Parameter fisis yang digunakan adalah *reflection loss* dengan satuan desibel (dB). Besar *reflection loss* bergantung pada parameter kekasaran, tebal lapisan, permeabilitas, permitivitas dan ukuran butir (Pireira, 2008). Karakteristik suatu material absorber gelombang mikro yang baik yaitu memiliki sifat magnetik dan listrik yang baik pula. Material tersebut harus memiliki nilai impedansi tertentu, nilai permeabilitas relatif (μ_r) dan permitivitas relatif (ϵ_r) sesuai dengan nilai μ dan ϵ udara atau vakum gas terjadi resonansi impedansi, sehingga nilai dari *reflection loss* yang dihasilkan

bahan cukup besar (Fitrothul, 2012). Selain permeabilitas, permitivitas dan magnetisasi spontan, material penyerap harus memiliki nilai resistivitas listrik yang tinggi atau isolator yang baik (Pireira, 2008).

Perhitungan *Reflection Loss* dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R_L = 20 \log \left| \frac{(Z_{in} - Z_o)}{(Z_{in} + Z_o)} \right| \quad \dots(2.1)$$

Diaman Z merupakan impedansi material dan Z_o merupakan impedansi udara. Dalam penelitian Cheng dkk 2010 menjelaskan bahwa nilai *Reflection Loss* absorpsi material Heksaferit memiliki nilai serapan material mencapai -12,4 dB pada frekuensi optimum 10,5 GHz dengan ketebalan 0,8 mm. Pada nilai reflektansi tersebut kemampuan material untuk menyerap frekuensi atau pancaran gelombang EM yang datang yaitu sebesar 76% sedangkan yang direfleksikan yaitu 24%. Hal tersebut dapat terjadi ketika nilai impedansi material dengan pancaran frekuensi yang datang sesuai atau nilainya, sehingga akan terjadi resonansi gelombang dimana akan terjadi interaksi antar atom dalam struktur material dengan frekuensi yang datang (Fitrothul, 2012).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml, gelas ukur 10 ml, spatula logam, spatula kaca, pipet, corong kaca, corong plastik, hot plate, magnetic bar, *crusible*, kertas saring, kertas pH, kertas label, aluminium foil, erlenmeyer, tabung styrofoam, timbangan digital, *ultrasonic cleaner*, *furnace Nabertherm*, ayakan 170 mesh, penumbuk dan lumpang, plastik. Untuk karakterisasi sampel digunakan alat uji XRD (*X-ray Diffractometer*) untuk identifikasi fasa, XRF (*X-Ray Fluorence*) untuk mengetahui komposisi dari suatu bahan, FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk mengetahui ikatan-ikatan yang terbentuk, SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui morfologi dan mikrostruktur bahan, LCR Meter untuk mengetahui konduktivitas listrik dari bahan, VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) untuk mengetahui kurva histerisis magnetisasi dari bahan, dan VNA (*Vector Network Analyzer*) untuk mengetahui *reflection loss* dari bahan. Software yang digunakan untuk identifikasi *match* dan *Rietica*.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Fe_3O_4 dan Fe_2O_3 diperoleh dari pasir besi (Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan), Barium Carbonate (BaCO_3) (ACS reagen kelas, MP Biomedicals, LLC), bubuk Zn (analys pro, Merck), Aceton (analys pro, Merck), Hydrochloric acid (HCl) 37% (analys pro, Merck), Ammonium Persulfate (analys pro, Merck), Dodesil Benzene Asam sulfonat (DBSA) (larutan 70% berat di 2-propanol, analys pro, Aldrich), Alkohol 96%, Aquades, cat kapal Aghata, thinner, Plat baja grade A tipe AH36.

3.2 Langkah Kerja

Pada penelitian ini, langkah kerja dilakukan dibagi menjadi beberapa bagian yaitu sintesis BAM, sintesis Polianilin, sintesis nanokomposit BAM/Polianilin, dan pelapisan *single layer*.

3.2.1 Sintesis Barium M-Heksaferit

Sintesis Barium M-Heksaferit doping ion Zn^{2+} menggunakan metode *solid state*.

- a. Pasir besi (Fe_3O_4) dilarutkan dalam larutan HCl selama 30 menit dengan suhu 60°C .
- b. Larutan kemudian disaring kemudian larutan yang lolos penyaringan diambil,
- c. Larutan kemudian ditambahkan larutan NH_4OH secara perlahan untuk membentuk endapan hingga pH basa atau mencapai pH 13.
- d. Dicuci dengan aquades hingga pH netral
- e. Endapan yang terbentuk dicuci dengan air destilasi dan dikeringkan pada temperatur 100°C dan didapatkan serbuk prekursor Fe_2O_3 .
- f. Prekursor Fe_2O_3 kemudian dikalsinasi pada temperatur 600°C selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin Fe_2O_3 .
- g. Fe_2O_3 yang telah jadi dicampurkan dengan BaCO_3 dan sesuai dengan perhitungan stoikiometri ke dalam jar milling.
- h. Dilakukan proses penggilingan (*milling*) dengan perbandingan sample : alkohol : *ball charge* adalah 1 : 5/3 : 5 dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam dengan waktu henti (*pause*) 30 menit.
- i. Larutan *wet milling* yang terbentuk dikeringkan pada temperatur 60°C dan didapatkan serbuk prekursor BAM.
- j. Prekursor BAM kemudian dikalsinasi pada temperatur 1000°C selama 5 jam untuk mendapatkan kristalin BAM

3.2.2 Sintesis Polianilin

- a. Amonium perokdisulfat (APS) dilarutkan dalam aquades dan diaduk dengan magnetic stirer selama 30 menit.
- b. Anilin dan DBSA ditimbang sesuai dengan kebutuhan, kemudian diaduk dalam erlenmeyer yang didinginkan hingga temperatur 0°C didalam tabung sterofom.
- c. Proses polimerisasi dilakukan pada erlenmeyer yang telah berisi larutan Anilin dan DBSA dengan diaduk menggunakan magnetic stirer, lalu ditetesi APS yang telah larut sampai larutan APS habis.
- d. Kemudian larutan APS, DBSA dan Anilin diaduk terus dengan menggunakan magnetic stirer hingga 8 jam dan terbentuk larutan berwarna hijau tua. Pastikan suhu tetap dibawah 5°C.
- e. Larutan Polianilin yang terbentuk disaring dengan menggunakan aquades hingga sisa airnya bening. Kemudian setelah bening disaring dengan menggunakan Aseton hingga mengering. Setelah kering dihaluskan dan didapatkan serbuk Polianilin.

3.2.3 Pelapisan *single layer*

Pelapisan *single layer* material pada baja dilakukan sebagai berikut.

- a. Material BAM dan PANI dicampurkan menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 60 menit dengan variasi komposisi massa yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.
- b. Pengadukan cat kapal Aghata dan material antiradar (BAM dan PANI) dilakukan dengan cara pencampuran mekanik. Pengadukan dilakukan selama 3 menit sampai homogen menggunakan alat pencampur berkecepatan ± 8000 rpm.
- c. Setelah proses pengadukan selesai, bahan dilapiskan pada plat baja *grade A* tipe AH36 secara merata dengan ketebalan ± 4 mm.

Desain eksperimen pelapisan *single layer* seperti gambar berikut.



Gambar 3.1 Pelapisan *single layer* material BAM/PANI pada baja

Tabel 3.1 Variasi komposisi massa pada pelapisan plat baja *grade A* tipe AH36

Sampel	Massa (gram)		Perbandingan	
	Material BAM	Material PANI	Material BAM	Material PANI
Sampel 1	0,67	0,33	1	0.5
Sampel 2	0.5	0.5	1	1
Sampel 3	0,4	0,6	1	1.5
Sampel 4	0,33	0,67	1	2
Sampel 5	0.4	0,6	1	2.5

3.3 Karakterisasi Bahan Uji
1. X-Ray Diffraction (XRD)

Untuk mengetahui fase-fase yang menyusun pasir besi laterit dilakukan pengukuran difraksi sinar-X menggunakan *Philips X’Pert MPD (Multi Purpose Diffractometer)* di Laboratorium Difraksi Sinar-X Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Sumber radiasi yang digunakan adalah Cu dengan panjang gelombang 1,54056 Å dioperasikan pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA.

Pola difraksi yang diperoleh dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Match!2*. Untuk mengetahui karakteristik material secara kuantitatif berdasarkan data difraksi sinar-X maka dilakukan analisis *Rietveld*. Material akan dikarakterisasi dengan menggunakan perangkat lunak *Rietica* yang berbasis pada penghalusan *Rietveld*.

2. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Untuk mengetahui struktur mikro atau morfologi serta ukuran butir rata-rata dari pasir besi laterit, karbon aktif dan campuran pasir besi-karbon aktif dilakukan pengujian SEM. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pengujian ini menggunakan alat SEM EVO MA 10 dengan perbesaran hingga 1.000.000 kali.

3. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi. Pada penelitian ini Polianilin dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui ikatan-ikatan yang terbentuk. Pengujian FTIR dilakukan di laboratorium Instrumentasi Jurusan Kimia ITS.

4. Konduktivitas Listrik

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui konduktivitas listrik dari Polianilin dan campuran BAM/Polianilin. Metode pengukuran nilai konduktivitas listrik dilakukan dengan

menggunakan *two point probes* dengan sampel dalam bentuk pelet. Pengujian menggunakan alat LCR meter tipe FLUKE PM6306. Pengujian konduktivitas listrik dilakukan di Laboratorium Keramik Fisika Material ITS. Data yang didapatkan berupa resistansi (Ω), kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan konduktivitasnya dengan persamaan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$$

.....(3.1)

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

.....(3.2)

Dimana :

ρ = Resistivitas bahan ($\Omega \cdot \text{cm}$)
 R = Resistansi (Ω)
 A = Luas penampang bahan (cm^2)
 l = Tebal bahan (cm)
 σ = Konduktivitas bahan (S/cm)

5. *Vibrating Sample Magnetometer (VSM)*

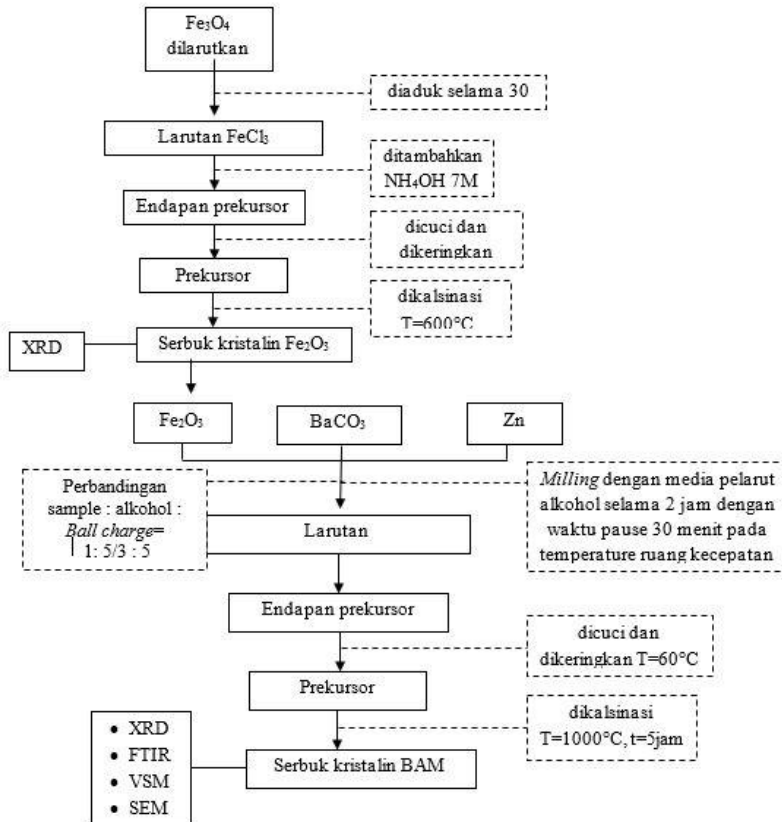
Pengujian VSM dari pasir besi dilakukan untuk memperoleh kurva histeris magnetisasi suatu bahan, baik sebagai fungsi temperatur (maksimal 300 K) dan sebagai fungsi medan luar (maksimal $\pm 1,2$ T). Pengujian VSM dilakukan di BATAN Serpong. Pengujian tersebut menggunakan VSM tipe OXFORD VSM 1,2 H.

6. *Vector Network Analyzer (VNA)*

Vector Network Analyzer (VNA) digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter *scattering* suatu bahan pada rentang frekuensi 10 MHz sampai 110 GHz. Pengukuran VNA dilakukan di laboratorium Puspitek Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Bandung. Pengukuran VNA secara akurat adalah perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal (S_{11}) sebagaimana perbandingan antara tertransmisi (terpancar) dengan sinyal awal (S_{21}). Pengukuran dilakukan di LIPI Bandung. Pengujian tersebut menggunakan VNA ADVANTEST tipe 3770.

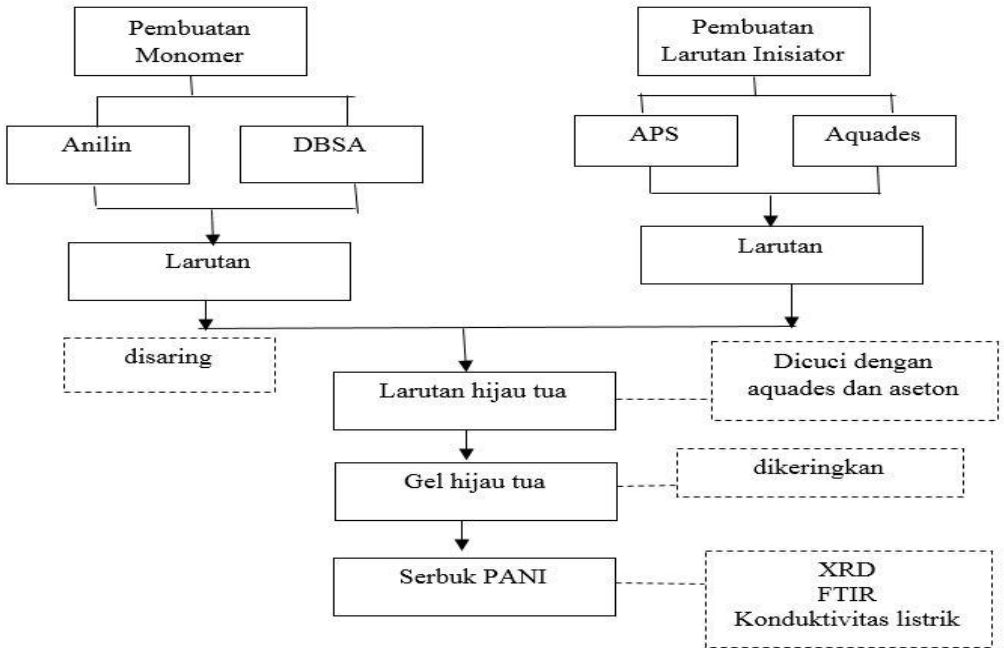
3.4 Diagram Alir Penelitian

3.4.1 Sintesis BAM



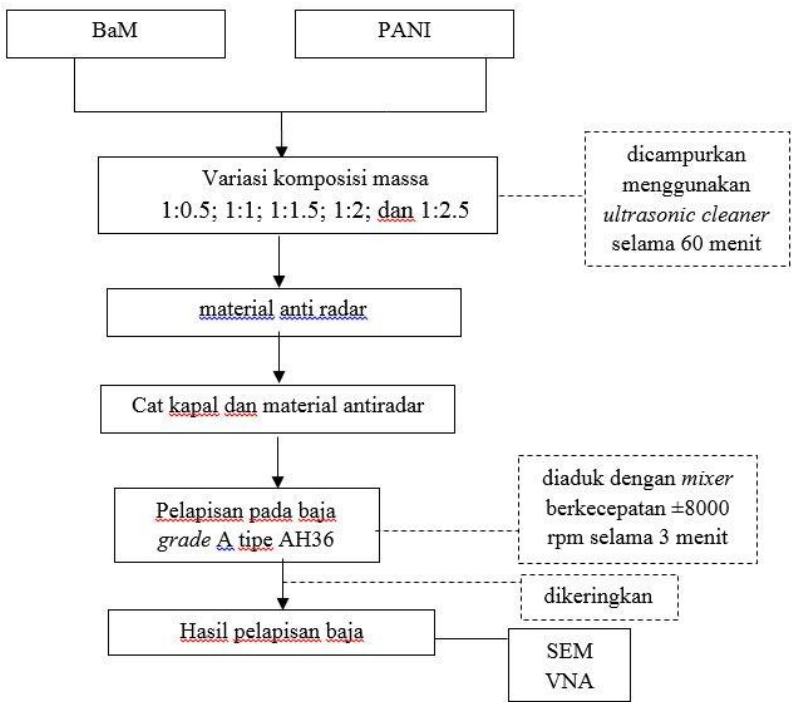
Gambar 3.2 Diagram alir sintesis BAM

3.4.2 Sintesis PANI



Gambar 3.3 Diagram alir sintesis PANI

3.4.3 Pelapisan pada Baja



Gambar 3.4 Diagram alir pelapisan material

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi Sampel

4.1.1 Material Magnetik (Barium M-Heksaferit)

Barium M-Heksaferit disintesis dengan bahan dasar pasir besi yang diambil dari Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Pasir besi berbentuk Fe_3O_4 . Pasir besi yang telah diambil ditumbuk hingga halus kemudian di-*shieving* dengan shiever 170 mesh. Pasir besi yang telah dishieving diultrasonik dengan aquades hingga bersih kemudian diultrasonik dengan alkohol 3 kali. Pasir besi yang belum dan sudah diultrasonik dapat dilihat perbedaannya pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pasir besi sebelum dan sesudah diultrasonik

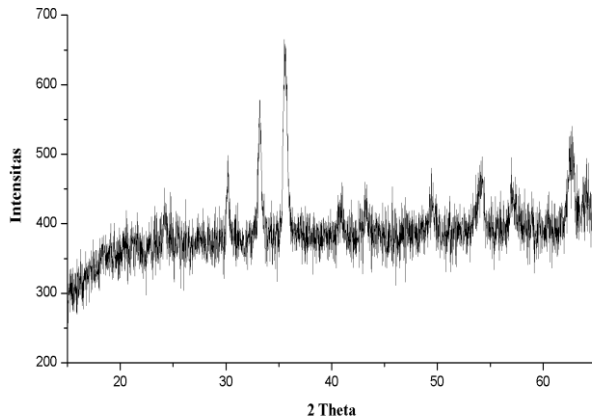
Pasir besi yang telah diultrasonik dilakukan pengujian XRF dan uji XRD. Berikut merupakan hasil uji XRF (*X-Ray Fluorecsense*) yang dilakukan pada saat sebelum dan setelah pencucian (ultrasonik) terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian XRF(*X-Ray Fluorescence*) Pasir Besi

No.	Unsur	Sebelum Pencucian (%)	Sesudah Pencucian (%)
1.	Fe	91,04	98,55
2.	Si	3,3	-
3.	Ca	2,46	0,35
4.	Cu	0,76	0,10
5.	Eu	0,6	-
6.	Rb	0,55	0,69
7.	Br	0,43	-
8.	Mn	0,31	0,26
9.	Os	0,2	-
10.	P	0,2	-
11.	La	0,1	0,05
12.	Cr	0,1	0,097
13.	Ni	0,073	0,08
14.	V	0,035	-
15.	Yb	-	0,08

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa pada pasir besi sebelum dilakukan pencucian kandungan Fe sebesar 91,04% di mana di dalamnya masih banyak bahan-bahan pengotor lainnya. Setelah dilakukan pencucian, kandungan Fe pada pasir besi mencapai 98,55%. Hal ini menunjukkan bahwa proses pencucian telah berhasil menghilangkan pengotornya dan meningkatkan kandungan Fe sebesar 7%. Pasir besi dengan kandungan 98,55% siap untuk disintesis.

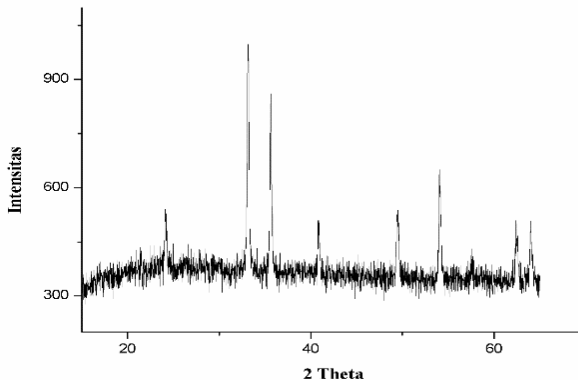
Uji XRD pasir besi bertujuan untuk mengetahui fase yang terbentuk pada pasir besi. Berikut hasil uji XRD pada pasir besi yang telah diultrasonic dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pola difraksi dianalisis dengan *software Match!*. Didapatkan fase-fase yang terbentuk pada puncaknya merupakan fase Fe_3O_4 .



Gambar 4.2 Hasil XRD Pasir Besi

Setelah didapatkan Fe_3O_4 yang siap disintesis maka tahap selanjutnya yaitu sintesis Barium M-Heksaferrit dengan metode *solid state reaction*. Dalam metode *solid state reaction* dilakukan pencampuran bahan BaCO_3 , Fe_2O_3 , dan Zn sebagai dopannya dengan proses *milling* menggunakan *ball mill* dalam *Zirconium Jar* dengan keadaan basah (*wet milling*). Bahan Fe_2O_3 disintesis menggunakan metode kopresipitasi. Metode kopresipitasi ini memiliki kelebihan dengan tingkat kemurnian yang tinggi, proses pengendapan yang sederhana, pemisahan yang mudah, waktu yang dibutuhkan cepat serta menggunakan peralatan yang sederhana dan relatif murah (Mawasah, 2015). Sintesis Fe_2O_3 dilakukan dengan mencampurkan Fe_3O_4 (Pasir besi yang telah diultrasonik) ke dalam larutan HCl (37%) dengan pengaduk *stirer* pada temperatur 60°C . Lalu disaring dan diambil larutannya, kemudian diendapkan menggunakan garam dalam hal ini menggunakan Hidroksida dalam hal ini menggunakan NH_4OH . Penggunaan NH_4OH lebih

menguntungkan karena dapat menghilangkan pengotor pada endapan dengan jalan memanaskan endapan pada temperatur rendah. Kemudian hasil endapan tersebut disaring dan dikeringkan. Selanjutnya dikalsinasi dengan temperatur 600°C dengan penahanan waktu 5 jam. Hasil sintesis Fe_2O_3 berwarna coklat kemerahan. Hal ini menunjukkan bahwa Fe_3O_4 telah bertransformasi fasa. Hasil sintesis kemudian dilakukan uji XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk dapat dilihat pada gambar 4.3. Kemudian dianalisa dengan software *Match!* telah didapat fasa Fe_2O_3 (Hematit) yang siap untuk disintesis menjadi Barium M-Heksaferit.



Gambar 4.3 Hasil XRD Fe_2O_3

Sintesis Barium M-Heksaferit (BAM) dengan metode *solid state reaction*. Pada proses ini dilakukan metode pencampuran antara BaCO_3 , Fe_2O_3 dan Zn. Metode ini dilakukan karena melihat dari hasil sintesis Barium M-Heksaferit sebelumnya masih menghasilkan fasa Barium M-Heksaferit yang masih minor yaitu 36,3 % (Millah, 2016). Metode *solid state* yaitu pencampuran bahan-bahan dasar dalam keadaan padat (Toprakci, 2010). Dalam metode *solid state reaction* menggunakan proses *milling* pada alat *Planetary Ball Mill*. Bola yang digunakan pada *milling* bertujuan

untuk memberikan beban berulang, pemberian beban secara berulang tersebut akan menyebabkan material mengalami deformasi plastis sehingga ukuran material tereduksi. Biasanya bola – bola yang digunakan pada saat proses *milling* yaitu bola – bola zirkonia yang memiliki densitas tinggi yaitu $5,7 \text{ gr/cm}^3$ (Puspita, 2014). Proses *ball milling* terbagi menjadi dua yaitu dengan cara *dry milling* dan *wet milling*.

Proses milling harus menggunakan bola yang lebih keras dari material yang di *milling* (Basu, 2011). Pada proses milling ini bola yang digunakan adalah bola-bola Zirkonia yang digunakan untuk memberikan beban berulang pada proses *milling*. Beban berulang tersebut akan menimbulkan adanya deformasi plastis yang membuat bahan menjadi tereduksi. Bola Zirkonia memiliki densitas tinggi yaitu $5,7 \text{ gr/cm}^3$ diatas densitas Barium M-Heksaferit yaitu $5,269 \text{ gr/cm}^3$. Bola zirkonia yang digunakan berdiameter 1 cm dengan massa 3,3217 gr. Perbandingan massa serbuk dengan bola yaitu 1:5 dimana angka ini diatas *powder to ball ratio* (PBR) yang ideal yaitu 1:4. Penggunaan nilai ini dimaksudkan agar terjadi reduksi ukuran secara maksimal (Puspita, 2014). Dalam sintesis kali ini dengan cara *wet milling* menggunakan medium pelarut alkohol. Fe_2O_3 yang telah disintesis dicampurkan dengan BaCO_3 dan Zn sesuai dengan perhitungan stoikiometri kedalam Zirconium Jar kemudian dipasangkan pada planetary ball mill dengan kecepatan 150 rpm suhu ruang. waktu milling selama 2 jam dengan waktu pause 30 menit (Baltec, 2012).



Gambar 4.4 Bahan, *Ball Mill* dan *Zirconium Jar* siap untuk *milling*

Pada sintesis BAM didoping dengan Zn bertujuan menurunkan sifat kemagnetan dari BAM menjadi softmagnetik, dimana dengan menurunkan medan koersivitas (H_c) dapat menurunkan sifat anisotropik material sehingga dapat menaikkan sifat absorpsinya. Barium M-Heksaferit merupakan hardmagnetik dan mempunyai sifat ferromagnetik. Barium M-Heksaferit adalah salah satu material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang mikro (Feng YB, 2007), medan koersivitas (H_c) terlalu tinggi. Tingginya nilai medan koersivitas menyebabkan sifat anisotropik material semakin meningkat sehingga sifat absorpsinya menjadi semakin lemah. Oleh karena itu Barium Heksaferit disubstitusi menggunakan ion Zn. Ion Zn^{2+} memiliki jari-jari yang hampir sama dengan Fe^{2+} yaitu 0,074 nm mendekati dengan 0,065 nm. Ion Zn^{2+} dapat menggantikan ion Fe^{3+} pada struktur BaM. Kehadiran ion Zn^{2+} disini dapat menurunkan sifat kemagnetan BaM menjadi softmagnetik.

Hasil bahan yang telah *dimilling* kemudian dikeringkan pada temperatur $100^{\circ}C$ lalu selama 4 jam untuk menghilangkan kadar alkohol kemudian dikalsinasi pada temperatur $1000^{\circ}C$ dengan penahanan waktu 5 jam. Hasil kalsinasi kemudian dilakukan uji XRD lalu dinalisa dengan software *Match!*. hasil sintesis BAM dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hasil sintesis BAM

4.1.2 Material Dielektrik (Polianilin)

Pada sintesis PANI (Polianilin) dilakukan dengan metode polimerisasi yaitu proses pembentukan polimer dari monomer-monomer pada suhu 0°C. PANI disintesis dengan bahan dasar monomer anilin dan asam kuat berupa DBSA (*Dodecyl Benzene Sulphonic Acid*, karena dengan adanya doping DBSA akan menghasilkan Emeraldine Salt yang bersifat Konduktif melalui reaksi non-redox yaitu proses protonasi (Ramli, 2012). DBSA ini berperan sebagai doping dan surfaktan. Emeraldine Base dapat menjadi konduktif dengan mekanisme doping menjadi Emeraldine Salt. Bahan monomer tersebut ditambahkan dengan larutan inisiator berupa APS (*Ammonium Persulfate*) yang dilarutkan pada aquades. Larutan inisiator berfungsi untuk menimbulkan proses inisiasi. Proses inisiasi yaitu terbentuknya reaksi kimia dengan timbulnya ikatan-ikatan kimia. Lautan inisiator di teteskan sedikit demi sedikit pada monomer ke dalam erlenmeyer yang diaduk dengan magnetik stirer selama 8 jam pada temperatur 0°C. Hasil sintesis didapatkan larutan hijau tua. Terbentuknya larutan hijau tua ini dikarenakan adanya pengaruh dari larutan inisiator. Hasil sintesis PANI dapat dilihat pada gambar 4.6.

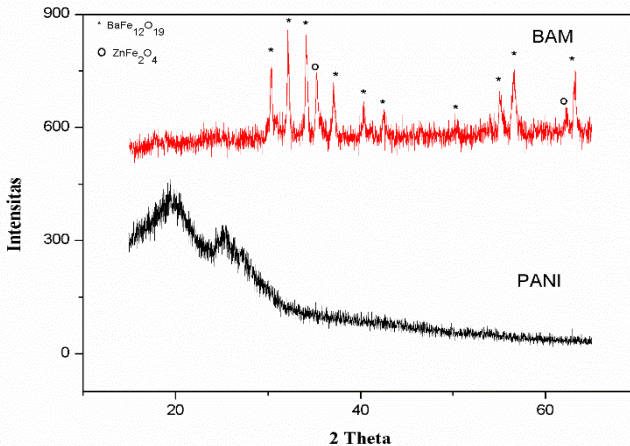


Gambar 4.6 Serbuk PANI

4.2 Karakterisasi Struktur

4.2.1 Analisis Fasa

Pola XRD dari hasil sintesis PANI dan BAM dapat dilihat pada gambar 4.7.



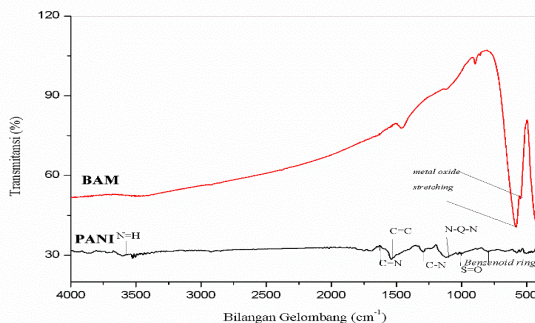
Gambar 4.7 Hasil XRD BAM dan PANI

Pada hasil XRD pada gambar 4.7 PANI dengan dopan DBSA menghasilkan dua puncak yaitu pada $19,42^\circ$ dan $25,12^\circ$. Hal ini mendekati dengan hasil eksperimen Jiang menghasilkan dua puncak yaitu pada $2\theta = 20,4$ dan $25,4$ (Jiang, 2008). Fasa yang dihasilkan yaitu amorf. Pola XRD BAM menghasilkan dua fase. Komposisi fase menunjukkan $\text{BaFe}_{11}\text{ZnO}_{19}$ (PDF 00-084-0757) dan fase ZnFe_2O_4 (PDF 00-082-1049). $\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$ diidentifikasi sebagai fase utama dan sejumlah kecil fase pengotor ZnFe_2O_4 . Adapun komposisi fase ditentukan dengan analisis *Rietveld* dengan software *Rietica* yaitu dengan $a=b=5,873 \text{ \AA}$ dan $c=23,183 \text{ \AA}$ dengan volume sel satuan $=694,8 \text{ \AA}^3$ dan struktur kristal heksagonal. Analisis *Rietveld* adalah sebuah metode pencocokan tak-linier kurva pola difraksi terhitung (model) dengan pola difraksi

terukur yang didasarkan pada data struktur kristal dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (least-squares) (Pratapa, 2011). Berdasarkan hasil *Rietveld Refinement*, presentase berat komposisi fase $\text{BaFe}_{11}\text{ZnO}_{19}$ 83,68% dan ZnFe_2O_4 16,32 %. Parameter kecocokan *Goodness of Fit* (Gof) didapatkan 2,436. Dari hasil analisis *Rietveld* tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil sintesis BAM menghasilkan fase utama BAM dengan pengotor *Zinc Iron Oxide*.

4.2.2 Analisis Gugus Fungsi

Tujuan uji spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah untuk mengetahui gugus fungsional yang terbentuk pada PANI dan BAM. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwal, 1985). Pengujian ini ditunjukkan oleh serapan panjang gelombang yang terjadi berdasarkan ikatan molekul pada struktur molekulnya (Mawasah, 2015). Hasil uji spektroskopi FTIR dapat dilihat gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil uji spektroskopi FTIR pada PANI, BAM

Bilangan gelombang yang muncul pada grafik hasil pengujian FTIR kemudian dibandingkan dengan bilangan gelombang referensi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Spektroskopi FTIR

Jenis gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})*	Bilangan gelombang hasil pengujian (cm^{-1})	
		PANI	BAM
<i>metal oxide stretching</i>	433	-	434
<i>metal oxide stretching</i>	581	-	547,8
<i>Benzenoid ring</i>	807	796.63	-
<i>S=O stretching</i>	991	1003.02	-
<i>N=Q=N stretching</i>	1130	1118.75	-
<i>C-N stretching</i>	1350	1292.35	-
<i>C=C stretching</i>	1501	1539.25	-
<i>C=N stretching</i>	1639	1641.48	-
<i>N=H stretching</i>	3427	3603.15	-

*Bilangan gelombang referensi (Yang, 2010, Ma, 2010)

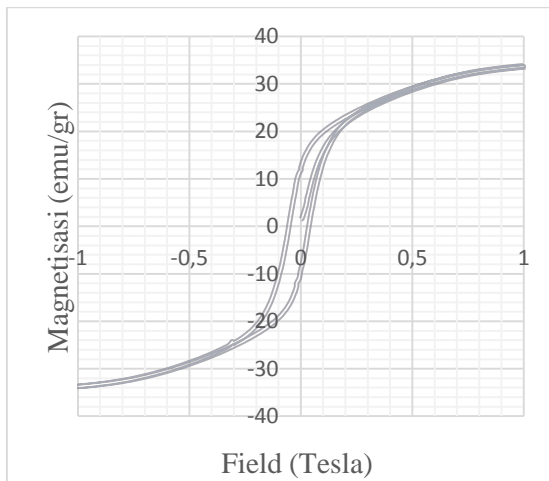
Hasil uji spektroskopi FTIR BAM dan PANI dapat dilihat pada gambar 4.5. Bilangan gelombang PANI relatif mendekati referensi. Namun masih terjadi pergeseran peregangan Pada PANI disebabkan faktor proses polimerisasi. Puncak pada peregangan S=O merupakan peregangan DBSA dan cincin benzenoid. Pada peregangan S=O menunjukkan pembentukan garam emeraldin yang ditimbulkan adanya konsentrasi dopan DBSA yang ditunjukkan adanya ikatan S=O yang terbentuk (Amalia, 2014). Hasil spektroskopi FTIR pada BAM menunjukkan karakteristik oksida logam pada 434 dan 547,8 cm^{-1} . Hal ini sesuai dengan penelitian Yang dimana menunjukkan karakteristik logam pada 440 dan 585 cm^{-1} .

4.2.3 Analisis Kemagnetan

Barium M-Heksaferit merupakan magnet permanen yang bersifat *hardmagnetik*. Untuk mengurangi sifat kemagnetannya agar menjadi *softmagnetik* maka dilakukan pendopongan dengan Zn^{2+} . Ion Zn^{2+} nantinya akan menggantikan ion Fe^{2+} . Syarat pendopongan yaitu ion dopan harus mempunyai jari-jari yang hampir sama dengan yang didoping, dalam hal ini Zn mempunyai jari-jari yang hampir sama dengan Fe. Pendopongan Zn ini akan mempengaruhi banyaknya dipol-dipol yang terbentuk. Semakin acak dan semakin banyak dipol-dipol dalam material menyebabkan perubahan besar sifat kemagnetan material. Unsur nonmagnetik dalam Zn membantu menghalangi pergerakan domain dalam butiran pada saat magnetisasi oleh medan dari luar. Dengan acaknya arah domain maka dapat menurunkan medan koersivitasnya. Tujuan dijadikan *softmagnetik* adalah untuk mempercepat pengembalian arah momen dipol akibat magnetisasi dari luar (Noly, 2012).

Berdasarkan hasil uji VSM (*Vibrating Sample Magnetometer*) material BAM pada gambar 4.9, kurva histerisis pada material BAM yang didoping Zn^{2+} mempunyai luasan kurva yang sempit. Kurva histerisis merupakan bentuk disipasi energi yang terjadi selama proses pembentukan kurva Medan magnet dalam (M) dan Medan Magnet luar (H). Parameter magnet yang didapatkan dari kurva histerisis yaitu Magnetisasi saturasi (Ms), medan koersivitas magnet (Hc), magnetisasi remanensi (Mr). Pada kurva histerisis ini didapatkan nilai Magnetik saturasi 33,87 emu/gr, Magnetisasi Remanensi (Mr) 14,782 emu/gr dan medan koersivitas (Hc) 0,0506 T. Pada referensi secara umum material BAM tanpa doping memiliki nilai magnetisasi saturasi (Ms) 72 emu/gr, medan koersivitas (Hc) 6700 Oe atau setara dengan 0.67 T. Jika dibandingkan pada penelitian ini maka dapat dianalisa bahwa terjadi penurunan nilai magnetisasi saturasi dan medan koersivitas. Artinya sifat kemagnetan juga telah menurun. Ketika material BAM diberikan medan magnet luar (H) maka magnetisasi (M) BAM akan meningkat sampai magnetisasi jenuh dalam hal ini

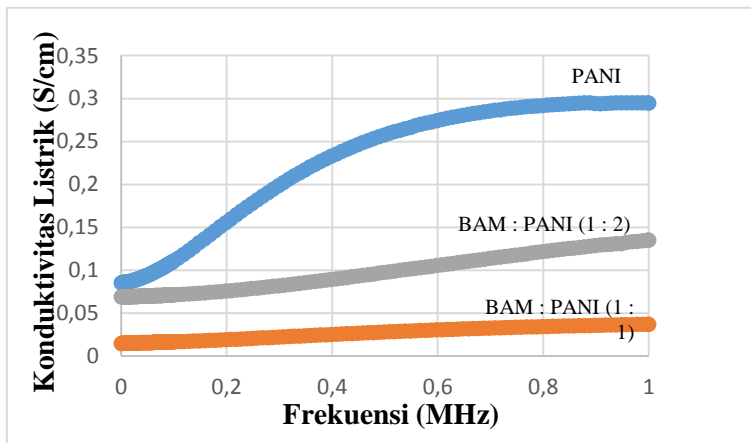
disebut Magnetisasi Saturasi (M_s). Menurunnya medan magnet dari luar maka menyebabkan sifat magnetisasi bahan menurun. Pada saat medan magnet dari luar dihilangkan ($H=0$) maka tetap ada magnetisasi yang tersisa yang dinamakan Magnetisasi Remanensi (M_r) yaitu dengan nilai 14,782 emu/gr. Untuk menjadikan medan magnetnya bernilai nol maka diperlukan medan magnet untuk mengembalikan posisi arah momen dipol atau yang dinamakan medan koersivitas (H_c). Medan koersivitas adalah yang membedakan antara *softmagnetik* dan *hardmagnetik*. Semakin besar medan koersivitasnya maka semakin keras sifat kemagnetannya sehingga semakin sulit untuk dimagnetisasi dan didemagnetisasi. Tingginya nilai medan koersivitas menyebabkan sifat anisotropik material semakin meningkat sehingga sifat absorpsinya menjadi semakin lemah (Silvia, 2011). Medan koersivitasnya sebesar 0.0506T. Dengan nilai medan koersivitas yang kecil maka tidak membutuhkan medan magnet yang lebih besar untuk mengembalikan arah momen dipol pada domain. Dengan demikian maka absorpsi yang terjadi juga semakin kuat.



Gambar 4.9 Hasil uji VSM sifat magnetik BAM

4.2.4 Analisis Konduktivitas Listrik

Sifat konduktivitas dari bahan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas listrik yang dikenal sangat sensitif untuk studi sifat elektronik bahan. Di sistem amorf, pengukuran AC konduktivitas memberikan informasi yang berguna mengenai berbagai fenomena relaksasi terkait untuk proses polarisasi listrik (Jiang, 2008). Konduktivitas bahan dipengaruhi oleh resistansi (R), luas permukaan bahan (A), panjang dari bahan (l) dan resistivitas (ρ) dari bahan. Pengujian konduktivitas listrik menggunakan metode *two point probe* pada alat LCR meter. Sebelum dilakukan pengujian bahan dibuat pelet dengan tebal 0,3 cm dan diameter 1,2 cm yang dilapisi elektroda Cu. Kemudian diuji dengan alat LCR meter. Didapatkan nilai resistansinya. Dengan nilai resistansi yang didapatkan maka dilakukan perhitungan konduktivitas listrik dengan persamaan 3.1 dan 3.2. Hasil uji konduktivitas material dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil uji Konduktivitas Listrik pada PANI, BAM : PANI (1 : 1, 1 : 2)

Pada gambar 4.10 merupakan grafik hasil perhitungan konduktivitas bahan dalam hal ini konduktivitas PANI, PANI : BAM dengan perbandingan 1:1 dan 1:2. Pengujian dilakukan pada rentang frekuensi 0-1 MHz. Dari gambar dapat dilihat dengan semakin meningkatnya frekuensi maka semakin meningkat pula nilai konduktivitas material. Peningkatan frekuensi dapat meningkatkan energi kinetik pada material sehingga terjadi transfer muatan yang tinggi pada daerah antar muka. Dengan demikian aliran elektron semakin besar menimbulkan konduktivitas yang besar (Sitorus, 2011).

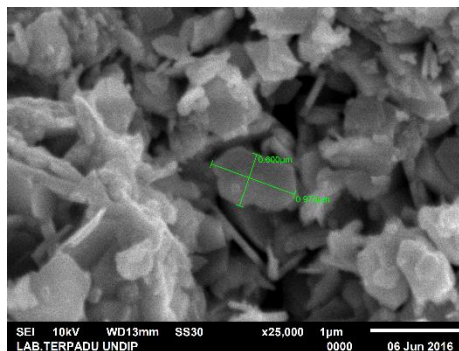
PANI merupakan polimer konduktif yang mempunyai konduktivitas tinggi dengan mengatur tingkat konsentrasi doping. PANI mempunyai sifat kestabilan kimia yang tinggi di udara, konduktivitas listrik tinggi, dan dapat digunakan untuk melindungi gelombang elektromagnetik yang dihasilkan dari sumber listrik, sedangkan gelombang elektromagnetik dari sumber magnet dapat secara efektif terlindung dengan bahan magnetik (Palaniappan, 2008). PANI sebagai pelindung gelombang elektromagnetik dari sumber listrik sebagai campuran bahan magnetik dalam aplikasi material antiradar. Dari hasil pengujian dan perhitungan PANI memiliki nilai konduktivitas rata-rata sebesar 0,166 S/cm. Emeraldine Base sebagai bahan dasar terjadinya protonasi, melalui doping dengan asam kuat *Dodecyl Benzene Sulphonic Acid* (DBSA) akan menghasilkan Emeraldine Salt yang bersifat Konduktif. Sifat konduktif pada PANI disebabkan kehadiran polaron pada saat proses doping. Polaron ini timbul akibat protonasi dari imine nitrogen. Protonasi ini sangat dipengaruhi oleh keadaan oksidasi dari polianilin dan pH selama proses polimerisasi. Protonasi sempurna didapatkan pada keadaan oksidasi setengah (emeraldine base) (Ramli, 2012).

Untuk mengetahui kemampuan material antiradar menghantarkan arus maka juga dilakukan pengujian pada bahan campuran BAM PANI dengan perbandingan 1 : 1 dan 1 : 2. Nilai konduktivitas campuran BAM dengan PANI dengan perbandingan 1 : 1 dan 1 : 2 berturut-turut 0,021 S/cm dan 0,085 S/cm. Dengan

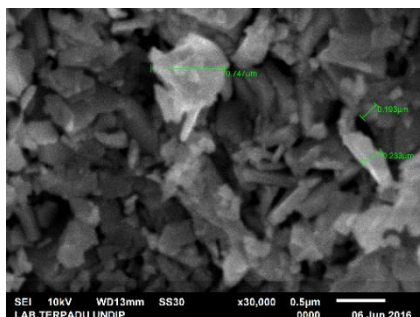
penambahan komposisi PANI yang lebih besar maka nilai konduktivitasnya juga meningkat. Hal ini dikarenakan PANI sebagai material dominan dalam ikatannya. Hal ini juga diketahui fakta bahwa konduktivitas komposit selain frekuensi dan suhu, juga dipengaruhi tingkat protonasi, dan persen kristalinitas (Jiang, 2008). PANI merupakan material yang bersifat konduktif karena pada proses polimerisasi menghasilkan bipolaron yang merupakan pasangan muatan bebas yang dapat menghantarkan arus listrik sedangkan BAM merupakan material magnetik yang memiliki sifat kemagnetan tinggi. Ketika pengisian PANI lebih dominan maka sifat listriknya akan lebih besar (Silvia, 2010).

4.2.5 Analisis Morfologi

Material Barium M-Heksaferit setelah dilakukan karakterisasi struktur fase dan ikatan kimia gugus fungsi kemudian dilakukan pengujian SEM EDX. SEM EDX digunakan untuk mengetahui secara kualitatif dan kuantitatif elemen-elemen sebaran yang terkandung pada suatu material. Pada alat ini dilengkapi detektor dispersi energi (EDX) sehingga dapat diketahui komposisi elemen-elemen pada material yang dianalisis. Gambar hasil uji SEM perbesaran 20.000 dan 30.000 kali dapat dilihat pada gambar 4.11.



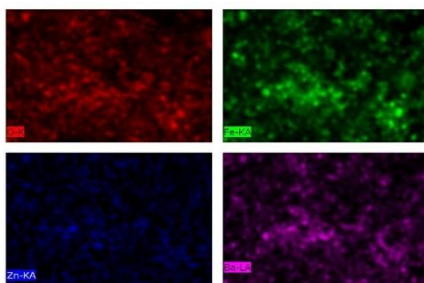
(a)



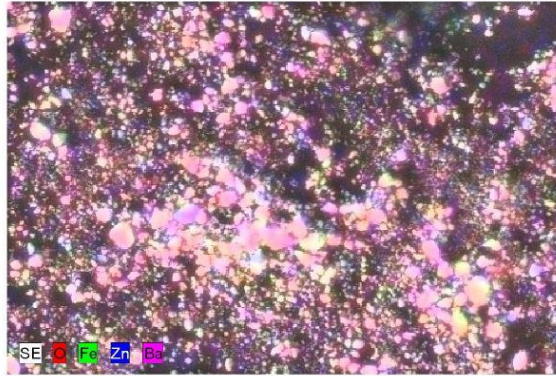
(b)

Gambar 4.11 Hasil uji SEM material BAM (a) perbesaran 10.000 kali (b) perbesaran 25.000 kali

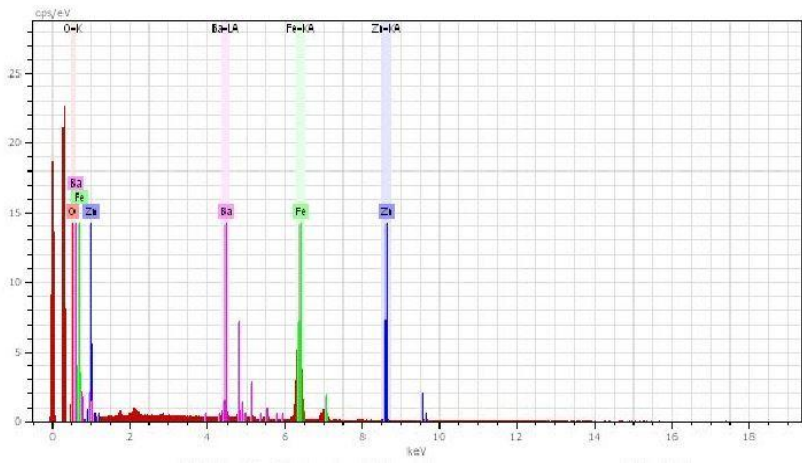
Berdasarkan hasil SEM pada gambar ukuran dimensi partikel pada orde mikro yaitu pada kisaran 2,5-4 μm . Pada gambar 4.11 (b) tampak morfologi heksagonal, dimana struktur heksagonal tak sempurna mempunyai parameter kisi $a=b=5,982 \text{ \AA}$ dan $c=23,183 \text{ \AA}$. Partikel tersebut merupakan *polydisperse* dan beberapa partikelnya membentuk agregat dikarenakan adanya interaksi antar partikel magneto dipol. Ukuran partikel menentukan karakteristik magnet dari BAM (Noly, 2012). Semakin kecil ukuran partikel maka akan cenderung membentuk *single domain* pada partikelnya (Wang, 1976).



Gambar 4.12 Hasil *backscatter* elemen BAM



Gambar 4.13 Hasil *backscatter* persebaran BAM



Gambar 4.14 Hasil spektrum EDX BAM

Tabel 4.3 Data hasil spektrum EDX

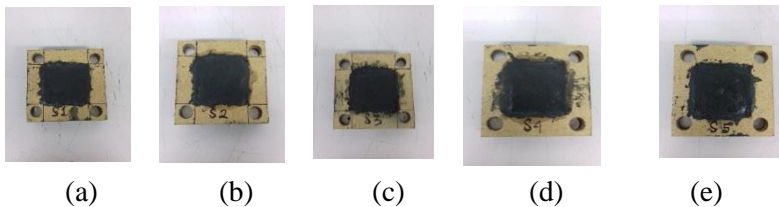
Elemen	Nomor atom	Persen Berat (wt%)	Persen Atom (at%)
O	8	83,66	95,08
Fe	26	13,63	4,44
Zn	30	0,87	0,24
Ba	56	1,84	0,24
Total		100	100

Berdasarkan pengamatan *backscatter* (warna) O (merah), Fe (hijau), Zn (biru), Ba(ungu) dapat diketahui persebarannya dimana material tersebut telah merata tampak ada gambar 4.13 sebaran tersebut mendukung material sebagai material antiradar dalam penyerapan gelombang mikro. Untuk data persen berat dan persen atom pada serbuk BAM pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa doping Zn telah tersubstitusi pada struktur BAM menggantikan ion Fe. Terlihat pada Zn wt% (persen berat) sejumlah 0,87% dan at% (persen atom) sejumlah 0,24 %. Jika dibandingkan hasil persen atom dari hasil EDX dengan persen atom sesungguhnya dari rumus molekul $\text{BaFe}_{11}\text{ZnO}_{19}$ maka atom O disini memiliki persen atom yang terlalu besar. Hal ini terjadi karena ada atom O milik fase lain. Pada hasil sintesis tidak terjadi *single phase* melainkan ada dua fase yang terbentuk yaitu $\text{BaFe}_{11}\text{ZnO}_{19}$ dan ZnFe_2O_4 yang telah dibuktikan dengan hasil analisa *Match!* dari hasil pengujian XRD pada gambar 4.7 sehingga persen atom dari O menjadi besar.

4.2.6 Analisis Sifat Penyerapan

RAM pada penelitian ini menggunakan rekayasa material, karena dianggap lebih muda, lebih fleksibel dan lebih murah dalam aplikasinya. RAM dibuat dari bahan magnetik berupa $\text{BaFe}_{11}\text{ZnO}_{19}$ (BAM) dan material dielektrik dari polimer konduktif yaitu Polianilin (PANI). Material dibuat dengan mencampurkan BAM dan PANI dengan cat Aghata dan Thinner menggunakan mixer

berkecepatan 8000 rpm. Selama 10 menit. Massa total dari material antiradar sebesar 1 gram dan massa cat 10 gram. Massa material diambil 10% dari massa cat agar tidak terjadi penggumpalan (Mawasah, 2015). Kemudian material yang telah dicampur dengan cat dilapiskan pada baja grade AH36 salah satu spesifikasi baja pada kapal laut. Baja tersebut telah dilapisi cetakan dari karton duplex dengan luas 1,8 cm x 1,8 cm x 4 mm. Bentuk cetakan disesuaikan dengan bentuk adapter yang digunakan dalam pengujian VNA. Ketebalan 4 mm dipilih untuk memenuhi seperempat panjang sebagai syarat terjadinya penyerapan yang optimal pada metode *Dallenbach layer* (Mawasah, 2015).



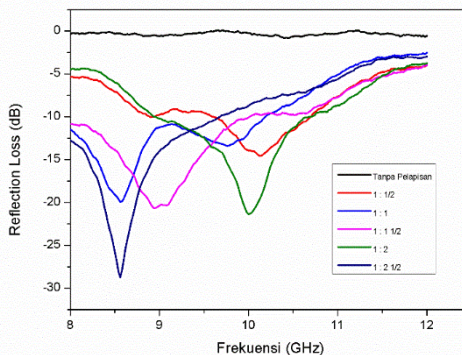
Gambar 4.15 Sampel uji VNA dengan perbandingan BAM : PANI, (a) S1(1:0,5), (b) S2 (1:1), (c) S3 (1:1,5), (d) S4 (1:2) dan (e) S5 (1: 2,5)

Gelombang elektromagnetik merupakan penjararan medan magnet dan medan listrik secara tegak lurus. Sumber elektronik dari gelombang elektromagnetik dapat diserap oleh material konduktif sedangkan sumber magnetik dapat diserap material magnetik. Perpaduan material magnetik dan material konduktif dapat menjadi material penyerap gelombang radar yang baik karena serapan magnetik dan elektriknya (Jiang, 2008). RAM (*Radar Absorbing Materials*) merupakan material penyerap gelombang radar yang dengan meminimalkan refleksi gelombang elektromagnetik pada permukaannya sehingga gelombang elektromagnetik tidak tertangkap kembali oleh receivernya melainkan diserap. Karakteristik RAM yang baik yaitu memiliki

sifat magnetik dan listrik yang baik agar penyerapan gelombang elektromagnetiknya dapat diserap maksimal.

Pengukuran sifat absorpsi material dikarakterisasi dengan menggunakan alat uji *Vector Network Analyzer* (VNA). Pengujian dilakukan pada rentang frekuensi *X-band* yaitu 8,2-12,4 GHz, karena frekuensi *X-band* merupakan yang biasa digunakan untuk operasi gelombang mikro teknologi militer (edgar, 1989). Parameter fisis yang didapatkan yaitu *Reflection Loss* dengan satuan desibel (dB). Besar *reflection loss* bergantung pada parameter kekasaran, tebal lapisan, permeabilitas, permitivitas dan ukuran butir (Pireira, 2008). Semakin besar kenegatifan nilai *Reflection Loss* maka semakin besar pula penyerapannya (Phang, 2008). Berikut pada gambar 4.12 dapat dilihat grafik hubungan frekuensi terhadap *Reflection Loss*nya dengan variasi komposisi material BAM dan PANI.

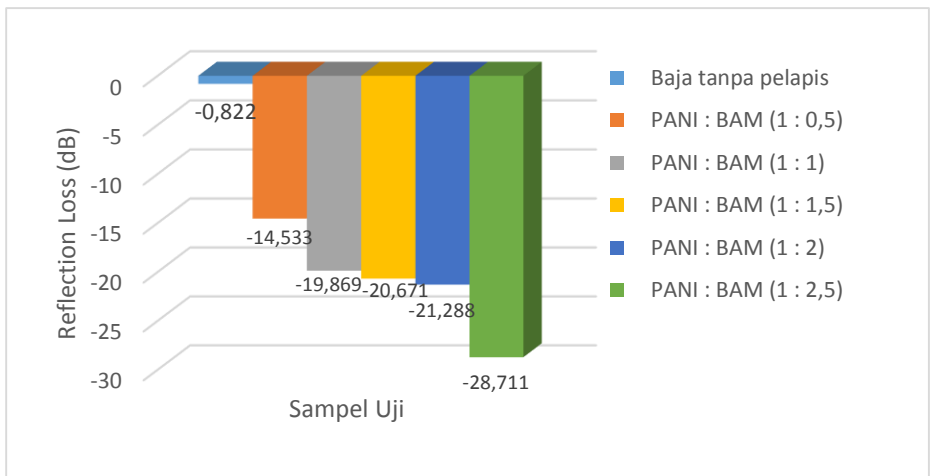
Gambar 4.16 menunjukkan grafik hubungan frekuensi dengan *Reflection Loss* yang dihasilkan. Hasil pengujian VNA pada masing-masing spesimen dengan nilai *Reflection Loss* maksimum dapat dilihat pada tabel 4.2. pada pengujian ini menggunakan parameter S_{11} dimana parameter S_{11} merupakan parameter absorpsi pada material dengan perantara adapter.



Gambar 4.16 Hasil uji VNA pada rentang *X-band*

Tabel 4.4 Nilai *Reflection Loss* maksimum pada spesimen uji

Specimen	<i>Reflection Loss</i> (dB)	<i>Frequency</i> (GHz)	Lebar pita (GHz)
Baja tanpa pelapis	-0,8227863	10,4	9,72-11,2
BAM : PANI			
1 : 0,5	-14,53375	10,1	8-9,14
1 : 1	-19,86939	8,58	8-9,18
1 : 1,5	-20,67183	8,94	8-10,9
1 : 2	-21,28891	10	8,16-12
1 : 2,5	-28,71184	8,56	8-10,9

**Gambar 4.17** Grafik batang hubungan pertambahan PANI pada sampel uji terhadap *Reflection Loss*

Berdasarkan grafik gambar 4.17 dapat diketahui bahwa baja grade AH 36 tanpa dilapisi material antiradar memiliki nilai *Reflection Loss* yang kecil yaitu -0,8227863, hal ini menunjukkan baja bersifat memantulkan gelombang namun sangat kecil. Penyerapan paling tinggi terjadi pada material antiradar dengan

perbandingan BAM : PANI 1: 2,5 ditunjukkan dengan nilai *Reflection Loss* sebesar -28,71184 dB pada frekuensi maksimum 8,56 GHz pada pelebaran pita 8-10,9 GHz . Jika dilihat pada grafik pada gambar 4.13 besarnya *Reflection Loss* semakin meningkat dengan penambahan massa PANI yang digunakan, hal ini menunjukkan bahwa penambahan material PANI sebagai material konduktif dapat meningkatkan penyerapan gelombang mikro yang ditunjukkan dengan nilai *Reflection Loss* yang semakin negatif. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh dari sifat konduktivitas dari PANI.

Tabel 4.5 Perhitungan persentase penyerapan gelombang

PANI : BAM	RL	$\Gamma = \frac{(Z_{in} - Z_0)}{(Z_{in} + Z_0)}$	I _{keluar} (%)	I _{penyerapan} (Transmisi +Absorpsi) (%)
1 : 0,5	-14,53375	5,329513	3,520667	96,47933
1 : 1	-19,86939	9,850755	1,030531	98,96947
1 : 1,5	-20,67183	10,80417	0,856677	99,14332
1 : 2	-21,28891	11,59967	0,743206	99,25679
1 : 2,5	-28,71184	27,26415	0,134529	99,86547

Berdasarkan perhitungan pada tabel 4.6, dengan menggunakan persamaan 2.1 memberikan arti dengan nilai RL terbesar yaitu -28,71184 dB bahwa 100% frekuensi yang diterima material 0,134529% akan direfleksikan dan 99,86547% akan diserap dan ditransmisikan oleh material.

Mekanisme penyerapan ditinjau secara optik meliputi empat metode yaitu *shape*, *active loading*, *passive loading* dan *distributed loading*. dalam hal ini *shape* tidak termasuk metode yang digunakan karena dalam realisasinya desain objek sedemikian rupa untuk meminimalkan gelombang yang direfleksikan kurang efektif dan membutuhkan biaya yang cukup besar. *Active loading*

merupakan mendeteksi radiasi yang datang dan sinyal yang teremisikan dari amplitudo sebanding dengan fase yang berlawanan dan saling meniadakan dalam hal ini terjadi superposisi destruktif antara gelombang elektromagnetik dan gelombang radar. *Passive loading* yaitu memodifikasi impedansi permukaan dengan tujuan sinyal yang kembali dapat tersebar dan *distributed loading* adalah menutupi permukaan material dengan material penyerap gelombang mikro yang memiliki sifat kelistrikan dan kemagnetan dengan penyebaran yang merata.

Pada gambar 4.5 yang telah dibahas menunjukkan nilai konduktivitas meningkat dengan penambahan massa PANI. Konduktivitas ini akan mempengaruhi penyerapan dari gelombang pada material. Adapun mekanisme penyerapan juga ditinjau dari materialnya yaitu ketika gelombang Elektromagnetik datang mengenai material PANI kemudian menyebabkan muatan-muatan terinduksi lalu muatan PANI terpolarisasi sehingga timbul polaron. Polaron akan menyebabkan dipol listrik lalu memutar arah dipol-dipol nya sehingga terjadi tumbukan antar dipol yang kemudian menimbulkan panas. Panas tersebutlah yang menyebabkan gelombang tidak terpantul kembali ke *receivernya*. Ketika gelombang elektromagnetik datang mengenai permukaan material magnetik dalam hal ini BAM dengan doping Zn yang telah menjadi soft magnetik ketika diberikan medan magnet luar maka akan mudah untuk dimagnetisasi. Ketika medan magnet dihilangkan maka sifat kemagnetan akan hilang, menurunkan medan koersivitas dan anisotropinya sehingga memperkuat penyerapan gelombang. Pada proses tersebut terjadi perputaran arah dipol dengan membutuhkan energi gelombang yang didapat dari energi gelombang yang datang. Energi tersebut menjadi dapat diminimalkan sehingga gelombang mikro tidak terpantul kembali ke *receivernya* atau gelombang yang terpantul sangat lemah. Pada material RAM terjadi dispersi antara material magnetik dan material konduktif sehingga penyerapan dapat terjadi secara merata. Material magnetik akan menimbulkan medan magnet dan material konduktif akan menimbulkan medan listrik. Adanya

kedua medan dari bahan tersebut kan bersuperposisi destruktif dengan medan magnet dari gelombang mikro yang datang sehingga gelombang mikro tidak diterima kembali oleh *receivernya* (Amalia, 2012).

LAMPIRAN A

Dokumentasi Penelitian

A. Sintesis BAM



Pencampuran Pasir besi dan HCL



Hasil pembuatan Fe(OH)_2



Proses penetralan Fe(OH)_2



Proses penyaringan endapan Fe_2O_3



Proses *milling* Fe_2O_3 , BaCO_3 dan Zn



Kalsinasi BAM

B. Sintesis PANI



Proses polimerisasi pada suhu 0°C



Proses polimerisasi dengan pengadukan selama 8 jam



Penyaringan hasil sintesis PANI



Proses penyaringan



Sisa penyaringan serbuk hasil sintesis PANI

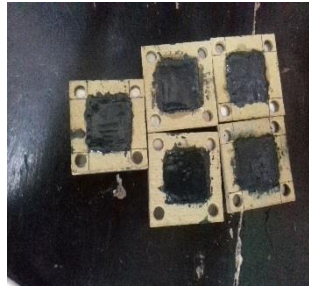


Serbuk PANI

C. Pelapisan Material Antiradar pada Baja Grade AH36



Proses pencampuran cat dan material antiradar



Proses pelapisan pada baja grade AH36

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

DATA CIF BAM

General

Origin	COD-1008841
Name	Barium dodecairon(III) oxide
Formula	Ba Fe ₁₂ O ₁₉

Bibliographic data

Author(s)	Obradors, X; Collomb, A; Pernet, M; Samaras, D; Joubert, J C
Publication title	X-ray analysis of the structural and dynamic properties of Ba Fe ₁₂ O ₁₉ hexagonal ferrite at room temperature
Citation	JSSCBI,56,171-181 (1985)

Phase data

Space-group	P 6 ₃ /m m c (194) – hexagonal
Cell	a=5.8920(1) Å c=23.183(1) Å c/a=3.9347 V=696.99(4) Å ³ Z=2

Atomic parameters

Atom	Ox.	Wyck.	Site	S.O.F.	x/a	y/b	z/c	U [Å ²]
Ba1	2	2d	⁻ 6m2		2/3	1/3	1/4	
Fe1	3	2a	-3m.		0	0	0	
Fe2	3	4e	3m.	0.5	0	0	0.25733(4)	
Fe3	3	4f	3m.		1/3	2/3	0.02713(2)	
Fe4	3	4f	3m.		1/3	2/3	0.19030(2)	
Fe5	3	12k	.m.		0.16868	0.33735(7)	-0.10825(1)	
O1	-2	4e	3m.		0	0	0.15094(13)	
O2	-2	4f	3m.		1/3	2/3	⁻ 0.05454(12)	
O3	-2	6h	mm2		0.18213	0.36426(47)	1/4	
O4	-2	12k	.m.		0.15647	0.31294(35)	0.05192(8)	
O5	-2	12k	.m.		0.50260	0.00520(34)	0.14957(8)	

DATA CIF Fe₂O₃

General

Origin	COD-1532119
Name	Fe2 O3

Bibliographic data

Author(s)	Rozenberg, G.Kh.; Dubrovinskii, L.S.; Le Bihan, T.; Pasternak, M.P.; Naaman, O.; Ahuja, R.
Publication title	High-pressure structural studies of hematite Fe2 O3

Phase data

Space-group	R -3 c (167) – trigonal
Cell	a=4.9865 Å c=13.5016 Å c/a=2.7076 V=290.74 Å ³ Z=6

Atomic parameters

Atom	Ox.	Wyck.	Site	S.O.F.	x/a	y/b	z/c	U [Å ²]
Fe1	3	12c	3.		0	0	0.35110	
O1	-2	18e	.2		0	0.32250	1/4	

LAMPIRAN C

HASIL ANALISA MATCH BAM

Match! Phase Analysis Report
 Institute of Technology Sepuluh November (ITS), Department of Physics
 Sample: BAM (Milling)

Sample Data

File name	BAM (Milling).rd
File path	E:/TA/Susmita/Susmita/BAM (Milling)
Data collected	Mar 28, 2016 19:32:30
Data range	15.000° - 65.000°
Number of points	2993
Step size	0.017
Alpha2 subtracted	No
Background subtr.	No
Data smoothed	Yes
Radiation	X-rays
Wavelength	1.541874 Å

Matched Phases

Index	Amount (%)	Name	Formula sum
A	84.1		Ba Fe12 O19
B	15.9		Zn Fe2 O4

A: Ba Fe12 O19 (84.1 %)

Formula sum	Ba Fe12 O19
Entry number	00-084-0757
Figure-of-Merit (FoM)	0.834443
Total number of peaks	126
Peaks in range	124
Peaks matched	29
Intensity scale factor	0.51
Space group	P63/mmc
Crystal system	P63/mmc
Unit cell	a= 5.8920 Å
I/Icor	2.34
Calc. Density	5.295 g/cm ³
Reference	, "", Calculated from ICSD using POWD-12++ 56 , 171 (1997)

B: Zn Fe₂ O₄ (15.9 %)

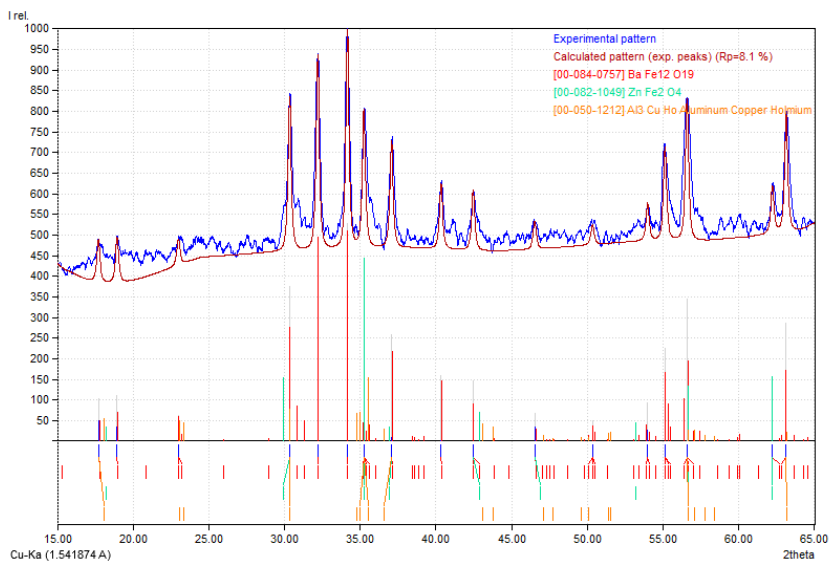
Formula sum	Zn Fe ₂ O ₄
Entry number	00-082-1049
Figure-of-Merit (FoM)	0.743120
Total number of peaks	18
Peaks in range	18
Peaks matched	7
Intensity scale factor	0.44
Space group	Fd-3m
Crystal system	Fd-3m
Unit cell	a= 8.4409 Å
I/I _{cor}	5.58
Calc. density	5.324 g/cm ³
Reference	, "", Calculated from ICSD using POWD-12++ 111, 300 (1997)

Search-Match**Settings**

Automatic zeropoint adaptation	Yes
Minimum figure-of-merit (FoM)	0.59
Parameter/influence 2theta	0.50
Parameter/influence intensities	0.50
Parameter multiple/single phase(s)	0.50

Peak List

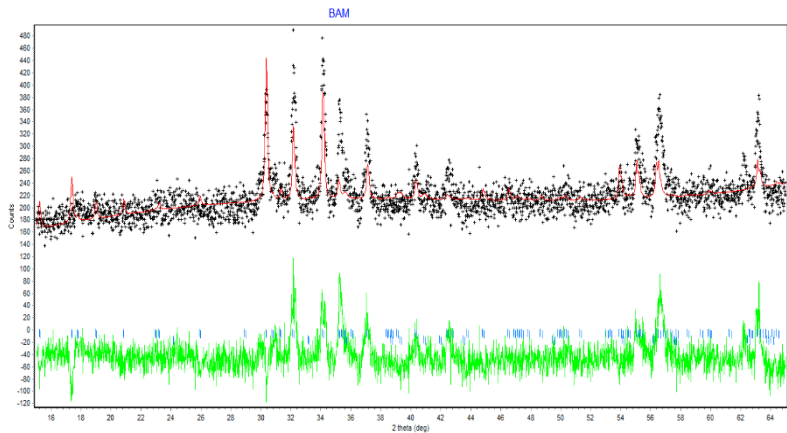
No.	2theta [°]	d [Å]	I/I₀	FWHM	Matched
1	17.71	5.0089	104.16	0.2400	A
2	18.94	4.6858	111.77	0.2400	A
3	22.99	3.8691	63.49	0.2400	A
4	30.33	2.9467	374.79	0.2400	A,B
5	32.19	2.7806	471.56	0.2400	A
6	34.15	2.6255	528.20	0.2400	A
7	35.24	2.5470	332.81	0.2400	A,B
8	37.06	2.4258	258.59	0.2400	A,B
9	40.33	2.2362	157.97	0.2400	A
10	42.45	2.1293	145.85	0.2400	A,B
11	46.52	1.9524	67.68	0.2400	A,B
12	50.33	1.8129	48.35	0.2400	A
13	53.97	1.6990	92.15	0.2400	A
14	55.12	1.6662	226.42	0.2400	A
15	56.58	1.6268	344.00	0.2400	A,B
16	62.21	1.4923	114.72	0.2400	A,B
17	63.12	1.4729	286.41	0.2400	A



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D

PENGHALUSAN *RIETVELD* DENGAN PERANGKAT
LUNAK *RIETICA*



MOLAR PERCENTAGE OF PHASES:				WEIGHT PERCENTAGE OF PHASES:			
PHASE 1: 14.84 0.01				83.68 0.07			
PHASE 2: 85.16 0.01				16.32 0.01			
+-----+							
Hist	Rp	Rwp	Rexp	Durbin Unwght	Durbin Wght	N-P	
+-----+							
1	8.07	10.54	6.75	0.804	0.966	2981	
+-----+							
SUMYDIF	SUMYOBS	SUMYCALC	SUMWYOBS	SQ	GOF	CONDITION	
+-----+							
0.5282E+05	0.6542E+06	0.6460E+06	0.6542E+06	0.2436E+01	0.4736E+18		
+-----+							

+-----+						
		Phase: 1				
+-----+						
PHASE SCALE FACTOR	=	0.452361E-06	0.000000	0.000000		
OVERALL TEMP. FACTOR	=	0.000000	0.000000	0.000000		
CELL PARAMETERS	=	5.884915	-0.000004	0.001712		
		5.884915	-0.000004	0.001712		
		23.222692	-0.000212	0.010269		
		90.000008	0.000000	0.000000		
		90.000008	0.000000	0.000000		
		120.000015	0.000000	0.000005		
RECIPROCAL CELL	=	0.196	0.196	0.043	90.000	90.000 60.000
CELL VOLUME	=	696.503845	0.420710			
SCALE * VOLUME	=	0.000315	0.000000			
MOLECULAR WEIGHT	=	4036.496				
DENSITY	=	9.619				
+-----+						
		Phase: 2				
+-----+						
PHASE SCALE FACTOR	=	0.100000E-05	0.000000	0.000000		
OVERALL TEMP. FACTOR	=	0.000000	0.000000	0.000000		
CELL PARAMETERS	=	5.031400	0.000000	0.000000		
		5.031400	0.000000	0.000000		

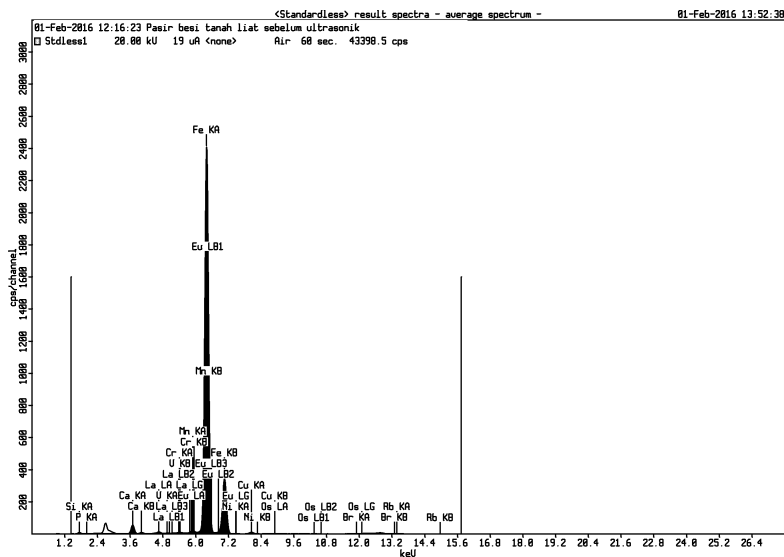
	13.742501	0.000000	0.000000				
	90.000008	0.000000	0.000000				
	90.000008	0.000000	0.000000				
	120.000000	0.000000	0.000000				
RECIPROCAL CELL	=	0.229	0.229	0.073	90.000	90.000	60.000
CELL VOLUME	=	301.282623	0.000000				
SCALE * VOLUME	=	0.000301	0.000000				
MOLECULAR WEIGHT	=	823.380					
DENSITY	=	4.536					

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN E

HASIL UJI XRF (X-RAY FUORESCENCE)

PASIR BESI SEBELUM DIULTRASONIK



01-Feb-2016 13:52:07

Sample results - Averages

Page 1

Sample ident	
Pasir besi tanah liat sebelum ultrasonik	

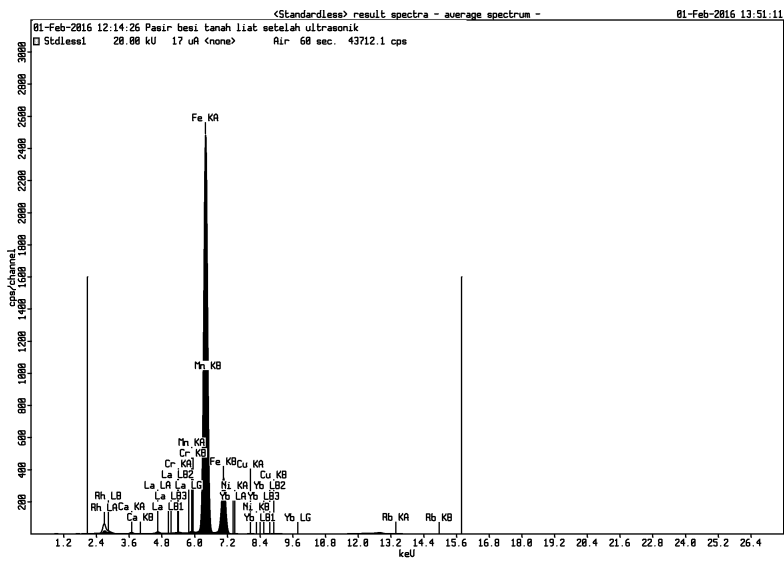
Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	01-Feb-2016 11:36:18
Measurement period - end	01-Feb-2016 12:16:23
Position	6

Compound	Si	P	Ca	V	Cr	Mn
Conc	3.3 +/- 0.05	0.2 +/- 0.02	2.46 +/- 0.008	0.035 +/- 0.003	0.100 +/- 0.005	0.31 +/- 0.02
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Fe	Ni	Cu	Br	Rb	La
Conc	91.04 +/- 0.19	0.073 +/- 0.007	0.76 +/- 0.01	0.43 +/- 0.004	0.55 +/- 0.07	0.10 +/- 0.01
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Eu	Os
Conc	0.60 +/- 0.12	0.2 +/- 0.03
Unit	%	%

PASIR BESI SETELAH DIULTRASONIK



01-Feb-2016 13:50:26

Sample results - Averages

Page 1

Sample ident	
Pasir besi tanah liat setelah ultrasonik	

Application	<Standardless>
Sequence	Average of 3
Measurement period - start	01-Feb-2016 11:34:24
Measurement period - end	01-Feb-2016 12:14:26
Position	5

Compound	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
Conc	0.35 +/- 0.02	0.097 +/- 0.0004	0.26 +/- 0.004	98.55 +/- 0.37	0.08 +/- 0.008	0.10 +/- 0.005
Unit	%	%	%	%	%	%

Compound	Rb	La	Yb
Conc	0.69 +/- 0.02	0.05 +/- 0.01	0.08 +/- 0.0003
Unit	%	%	%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan judul “Pelapisan *single layer* Penyerap Gelombang Radar Barium M-Heksaferti/Polianilin pada rentang *X-band*” maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sintesis material BAM dengan metode solid state doping Zn menghasilkan komposisi fasa BAM 83,68 % dan ZnFe_2O_4 16,32 % dengan struktur dominan heksagonal. Magnetisasi Saturasi (Ms) 33,87 emu/gr, Magnetisasi Remanensi (Mr) 14,782 emu/gr dan medan koersivitas (Hc) 0,0506 T. Konduktivitas listrik PANI sebesar 0,166 S/cm, sedangkan pada konduktivitas campuran BAM/PANI meningkat dengan bertambahnya PANI yaitu pada perbandingan BAM : PANI adalah 1:1 sebesar dan perbandingan 1:2 sebesar 0,021 S/cm dan 0,085 S/cm.
2. Hasil pengujian VNA pada pelapisan *single layer* rentang *X-band* dengan variasi komposisi PANI pada perbandingan BAM : PANI didapatkan nilai *Reflection Loss* untuk 1:0,5, 1:1 1:1,5 1:2 dan 1:2,5 berturut-turut adalah -14,53 dB, -19,86 dB, 20,67 dB, -21,28 dB, dan -28,71 dB. Nilai *Reflection Loss* tertinggi pada perbandingan 1 : 2,5 sehingga dapat disimpulkan semakin meningkat komposisi PANI maka semakin negatif nilai *Reflection Loss*nya artinya semakin bagus penyerapannya.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan pengamatan dimensi dan geometri partikel menggunakan TEM (*Transmission Electron Microscopy*) agar lebih presisi.

2. Sebaiknya pada proses milling menggunakan Tungsten Jar dan bola Tungsten untuk menghasilkan ukuran partikel lebih kecil.
3. Suhu kalsinasi sebaiknya lebih tinggi agar menghasilkan single face crystal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Lita, 2014. *Pelapisan Double Layer dengan Metode Dallenbach Layer Menggunakan Polianilin dan BAM sebagai RAM*. Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Basu, B and Balani, K., 2011. *Advanced Structural Ceramic*. Wiley. New York.
- Bijaksana, S., 2002. *Kajian Sifat Magnetik pada Endapan Pasir Besi di Wilayah Cilacap dan Upaya Pemanfaatannya untuk Bahan Industri*. Laporan penelitian Hibah Bersaing. ITB.
- COD 1008841. *Crystallography Open Database (online)*. <http://www.crystallography.net/>
- COD 1532119. *Crystallography Open Database (online)*. <http://www.crystallography.net/>
- Cullity, B.D., Graham, C, D. 2009. *Introduction to magnetic materials*. John Wiley & Sons, Inc., United State of America.
- Feng, Y.B., Qiu T., Shen. Y. 2007. *Absorbing Properties and Structural Design of Microwave Absorbers Based On Carbonyl Iron and Barium Ferrite*. Journal of Magnetisme and Magnetic Material. 218.
- Fitrothul K., Qodri, 2012. *Efek Substitusi Parsial Ion La pada Material Sistem $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{O}_{0.6}(\text{Fe}_{1.5}\text{Mn}_{0.25}\text{Ti}_{0.25}\text{O}_3)$ terhadap Sifat Absorpsi Gelombang Mikro*. Tesis Jurusan Fisika FMIPA. Universitas Indonesia.
- Ghasemi, A., Hossienpour, A., Morisako, A., Saatchi, A., dan Salehi, M. 2006. *Electromagnetic properties and microwave absorbing characteristics of doped barium hexaferrite*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 302, hal 429–435

- Jiang, Jing, Ai, Lun-Hong, Qin, Da-Bin, Liu, H., Li, Chao-Liang., 2008. *Preparation and characterization of electromagnetic functionalized polyaniline/BaFe₁₂O₁₉ composites*. Journal of Syntetic Materials, Vol.159, hal. 695-699.
- Jazirehpour, M., Shams, M.H, Khani, O., 2012. *Modified sol–gel Synthesis of Nanosized Magnesium Titanium Substituted Barium Hexaferrite and Investigation of The Effect of High Substitution Levels on The Magnetic Propertie*, Journal of Alloy and Compounds. Vol. 545. Hal. 32-40
- Ma, RT., Zhao, H.T. dan Zhang, G. 2010. *Preparation, Characterization and Microwave Absorption Properties of Polyaniline/Co_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ nanocomposite*. Materials Research Bulletin. Vol.45, pp. 1064-1068.
- Mawasah, Rahmania, 2015. *Pelapisan Material Magnetik dan Material Konduktif Komposit Resin Polistirena/Karbon Black sebagai Penyerap Gelombang Mikro pada Baja Grade A Tipe AH36*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Meshram, M.R., Agrawal, N.K., Sinha, B. dan Misra, P. S. 2004. *Characterization of M-type Barium Hexagonal Ferrite-based Wide Band Microwave Absorber*. Journal of Magnetisme and Magnetic Materials. Vol. 271. Hal. 207-214
- Molaei, M.J., Ataie, A., Raygan, S., Rahimipour, M.R., Picken, S. J., Tichelaar, F.D., Legarra, E., dan F. Plazaola, E., 2012. *Magnetic Property Enhancement and Characterization of Nano-structured Barium Ferrite by Nmechano-Thermal Treatment*. Materials Characterization. Vol. 63. Hal. 83-89
- Millah, Ainul A., 2015. *Pengaruh Fraksi Massa Polianilin dan Barium M-Heksaferit sebagai Material Penyerap Radar pada Pelapisan Single Layer Baja AH 36*. Laporan Tugas

- Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Noly K., Ariza, 2012. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Serbuk Barium M-Heksaferit dengan Doping Ion Zn pada Variasi Temperatur Rendah. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Palaniappan, Srinivasan, John, A., 2008. *Polyaniline Materials by Emulsion Polymerization Pathway*. Journal of Progress in Polymer Science. 732-736.
- Park, K.Y., Lee, S.E., Kim, C.G. dan Han, J. H., 2006. Fabrication and Electromagnetic Characteristics of Electromagnetic Wave Absorbing Sandwich Structures. Composites Science and Technology. Vol.66, hal. 576-584.
- Pereira, F.M.M, Junior C.A.R, Santos M.R.P,. 2008. *Structural and Dielectric Spectroscopy Studies of The M-Type Barium Strontium Hexaferrite Alloy ($BaSr_{1-x}Fe_{12}O_{19}$)*, J. Mate Sci, Materi Electron. Vol. 19, hal. 627-638
- Pratapa, S., 2009. *Analisis data Difraksi Menggunakan Metode Rietveld*. Surabaya.
- Priyono., Yuli Astanto., Happy Traningsih., & Ainie Khuriati R.S., 2004. *Efek Aditive Al_2O_3 terhadap Struktur dan Sifat Fisis Magnet Permanen $BaO_{0.6}Fe_2O_3$* . Jurnal Berkala Fisika. Vol.7, No.2. April 2004, hal 69-73.
- Pullar, R.C., 2012. *Hexagonal ferrites: A review of the Synthesis, Properties and Applications of Hexaferrites Ceramics*, Progress in Materials Science. Vol. 57, hal. 1191-1334.
- Puspita S. Arum, 2014. *Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Pembentukan Lithium Iron Phosphate Lfp dengan Metode Solid State*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

- Qui, J. dan Gu, M. 2006. *Crystal structure and magnetic properties of Barium Ferrite synthesized using GSPC and HEBM. Journal of Alloys and Compounds*. Vol.415, hal 209-2012
- Ramli, I., 2012. *Sintesis dan karakterisasi struktur, sifat magnet, dan listrik Barium M-Heksaferrite/Polianilin berstruktur core-shell*, Laporan Tesis Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rezende, Mirabel C., Faez, Roselena, 2002. *Radar Cross Section Measurements 8-12 GHz of Magnetic and Dielectric Microwave Absorbing Thin Sheets*. Brazil Patent. INPI.
- Saville, P., 2005. *Review of Radar Absorbing Materials, Defence R & D Canada*. Canada.
- Silvia, L., 2013. *Pelapisan Komposit PANI/BAM-SiO₂ Berbasis Material Alam sebagai Penyerap Gelombang Mikro dan Pelapis Anti Korosi pada Baja Grade A Tipe AH-36*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sing, Baltec, G.R., 2012. *Effect of Particle Size On The Magnetic Properties of Barium Hexaferrite Bonded Magnets*. Thesis School of Physics and Materials Science Thapar University. Patiala.
- Sitorus, B., Suendo, V. Dan Hidayat, F., 2011. *Sintesis Polimer Konduktif sebagai Bahan Baku untuk Penyimpanan Perangkat Energi Listrik*. ELKHA, Vol.3, No.1.
- Tang, X., Zhao, B.Y., Tian, Q., Hu, K.A., 2006. *Synthesis, Characterization and Microwave Absorption Properties of Titania-coated Barium Ferrite Composites*, Journal of Physics and Chemistry of Solid, Vol. 67, Hal. 2442–2447
- Topracki, O., Topracki, H.A.K., Ji,L., Zhang, X., 2010. *Fabrication and Elektrochemical Characteristic of LiFePO₄ Powders for Lithium-Ion Batteries*. Journal Powder and Particle. Vol 28 : 311-18.

Wan, M., Conducting polymers with micro or nanometer structure, Tsinghua University Press, Beijing, 2008.

Yang, C. C., Gung, Y. J., Hung, W. C., Ting, T. H., dan Wu, K. H., 2010. *Infrared and microwave properties of BaTiO₃/polyaniline and BaFe₁₂O₁₉/polyaniline composites*. Composites Science and Technology. Vol. 70, hal 466-471.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Susmita Rachmawati lahir di Pasuruan, 27 Desember 1992 dari pasangan Sutomo (Alm) dan Nurhamidah (Almh). Penulis menempuh pendidikan formal di RA MANBAUL HUDA MLATEN, MI MIFTAHUL ULUM II NGULING, SMPN 2 NGULING, SMAN 1 GRATI, kemudian penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri ITS Jurusan Fisika melalui jalur SNMPTN UNDANGAN dengan beasiswa BIDIKMISI. Penulis aktif dalam organisasi mahasiswa yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika ITS (HIMASIKA ITS) sebagai Staf Departemen Riset dan Teknologi, Pencinta Lingkungan Hidup SIKLUS ITS (PLH SIKLUS ITS) sebagai Staf Divisi Hubungan Masyarakat, dan Lembaga Minat dan Bakat ITS (LMB ITS) sebagai Staf Departemen Event. Penulis juga pernah menjadi asisten Mata Kuliah Umum Wawasan Teknologi dan Komunikasi Ilmiah (WASTEK) selama 3 semester. Penulis pernah mengikuti pelatihan LKMM PRA TD FMIPA, LKMM TD LMB ITS, Pelatihan Manajemen Organisasi (PMO) LMB ITS, Pelatihan Ketua UKM Kemahasiswaan ITS, dan Pelatihan Perhitungan Karbon Dinas Kehutanan Jawa Timur. Selain itu penulis juga aktif mengikuti beberapa kompetisi meliputi Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional (LKTI) dan Lomba Musabaqah Tilawatil Qur'an Mahasiswa Nasional (MTQMN). Penulis pernah menjuarai beberapa kompetisi yaitu Juara III LKTIN di UNESA, Juara II LKTIN Online di UNILA, Juara I LKTIN di STT PLN Jakarta, Juara I LKTIN di UNIMED dan Juara II LKTA Nasional di LDJ KINI Teknik Kimia ITS. Akhir kata bila ada kritik dan saran mengenai tugas akhir ini bisa melalui email mitaveronika19@gmail.com